



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

**ΣΧΟΛΗ ΑΝΘΡΩΠΙΣΤΙΚΩΝ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΠΑΙΔΑΓΩΓΙΚΟ ΤΜΗΜΑ ΔΗΜΟΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ**

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

**Ανάπτυξη Πρακτικών της Υπολογιστικής Σκέψης
στο Δημοτικό Σχολείο**

Ιωάννης Α. Βουρλέτσης

ΒΟΛΟΣ

ΜΑΪΟΣ 2021



UNIVERSITY OF THESSALY

**SCHOOL OF HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES
DEPARTMENT OF PRIMARY EDUCATION**

PhD THESIS

**Developing Computational Thinking Practices
in Primary School**

Ioannis A. Vourletsis

VOLOS

MAY 2021

ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Ανάπτυξη Πρακτικών της Υπολογιστικής Σκέψης στο Δημοτικό Σχολείο

Ιωάννης Α. Βουρλέτσος

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Παναγιώτης Πολίτης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ:

Παναγιώτης Πολίτης, Αναπληρωτής Καθηγητής ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Χαράλαμπος Καραγιαννίδης, Καθηγητής ΠΤΕΑ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ηλίας Καρασαββίδης, Επίκουρος Καθηγητής ΠΤΠΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

ΕΠΤΑΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Παναγιώτης Πολίτης
Αναπληρωτής Καθηγητής
ΠΤΔΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Χαράλαμπος Καραγιαννίδης
Καθηγητής
ΠΤΕΑ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Ηλίας Καρασαββίδης
Επίκουρος Καθηγητής
ΠΤΠΕ Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Βασίλειος Κόμης
Καθηγητής
ΤΕΕΑΠΗ Πανεπιστημίου Πατρών

Αθανάσιος Τζιμογιάννης
Καθηγητής
ΤΚΕΠ Πανεπιστημίου Πελοποννήσου

Γεώργιος Φεσάκης
Καθηγητής
ΤΕΠΑΕΣ Πανεπιστημίου Αιγαίου

Μιχαήλ Καλογιαννάκης
Αναπληρωτής Καθηγητής
ΠΤΠΕ Πανεπιστημίου Κρήτης

Ημερομηνία εξέτασης: 05/05/2021

PhD THESIS

Developing Computational Thinking Practices in Primary School

Ioannis A. Vourletsis

SUPERVISOR:

Panagiotis Politis, Associate Professor, Department of Primary Education, University of Thessaly

THREE-MEMBER ADVISORY COMMITTEE:

Panagiotis Politis, Associate Professor, Department of Primary Education, University of Thessaly

Charalampos Karagiannidis, Professor, Department of Special Education, University of Thessaly

Ilias Karasavvidis, Assistant Professor, Department of Preschool Education, University of Thessaly

SEVEN-MEMBER EXAMINATION COMMITTEE

Panagiotis Politis
Associate Professor
Department of Primary Education
University of Thessaly

Charalampos Karagiannidis
Professor
Department of Special Education
University of Thessaly

Ilias Karasavvidis
Assistant Professor
Department of Preschool Education
University of Thessaly

Vassilios Komis
Professor
Department of Educational Sciences and Early
Childhood Education
University of Patras

Athanassios Jimoyiannis
Professor
Department of Social and Educational Policy
University of Peloponnese

Georgios Fesakis
Professor
Department of Pre-school Education and
Educational Design of the School of
Humanities
University of the Aegean

Michail Kalogiannakis
Associate Professor
Department of Preschool Education
University of the Aegean

Examination Date: 05/05/2021

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η Υπολογιστική Σκέψη (Computational Thinking), μια νοητική δραστηριότητα που σχετίζεται με την επίλυση προβλημάτων και έχει ως θεμελιώδη λίθο τη διαδικασία της αφαίρεσης (abstraction), θεωρείται ως ένα απαραίτητο σύνολο δεξιοτήτων για τον μαθητή του 21^{ου} αιώνα. Οι επιστημονικές συζητήσεις της τελευταίας δεκαετίας έχουν οδηγήσει σε σχετική συναίνεση για το περιεχόμενο του όρου της Υπολογιστικής Σκέψης και για την τριμερή διάκρισή της σε έννοιες, πρακτικές και στάσεις.

Η παρούσα μελέτη στοχεύει να διερευνήσει την επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο τις συνιστώσες της Υπολογιστικής Σκέψης σε υπολογιστικές πρακτικές μαθητών Δημοτικού σχολείου. Ιδιαίτερη συμβολή της αποτελεί η έμφαση σε πρακτικές που εντάσσονται στο πλαίσιο της κοινωνικής διάστασης της Υπολογιστικής Σκέψης και δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς. Η έρευνα υιοθέτησε μικτή μεθοδολογία και ειδικότερα τον ενσωματωμένο σχεδιασμό (embedded design), καθώς συλλέχθηκαν ταυτόχρονα ποσοτικά και ποιοτικά δεδομένα, αλλά τα ποιοτικά λειτούργησαν υποστηρικτικά προς τα ποσοτικά. Το ερευνητικό δείγμα αποτέλεσαν 103 μαθητές και μαθήτριες της ΣΤ' τάξης Δημοτικού σχολείου που εργάστηκαν σε ζεύγη στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Scratch για περίπου 28 διδακτικές ώρες, κατά το διδακτικό έτος 2018–2019.

Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν έδειξε ότι η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση είναι δυνατό να οδηγήσει στη βελτίωση της συνολικής αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Επιπλέον, φάνηκε ότι η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες εντοπισμού και επιδιόρθωσης σφαλμάτων σεναρίων ψηφιακών παιχνιδιών, όπως και διασκευής τους, μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερο επίπεδο επάρκειας των υπολογιστικών πρακτικών της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Τέλος, παρά τους περιορισμούς στους οποίους υπόκειται η έρευνα, φαίνεται ότι ενισχύει την υπόθεση για τη θετική συμβολή του προγραμματισμού και ειδικότερα του προγραμματισμού σε ζεύγη στην ανάπτυξη της Υπολογιστικής Σκέψης μαθητών Δημοτικού σχολείου.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: ΤΠΕ στην Εκπαίδευση, Διδακτική της Πληροφορικής, Υπολογιστική Σκέψη στην Εκπαίδευση

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Υπολογιστική Σκέψη (ΥΣ), Οπτικός Προγραμματισμός, Επίλυση Προβλημάτων, Δοκιμή και Εκσφαλμάτωση, Επαναχρησιμοποίηση και Διασκευή

ABSTRACT

Computational Thinking, a mental activity related to problem solving and fundamentally based on the process of abstraction, is considered an essential skill set for students in the 21st century. The scientific discussions of the last decade have led to a relative consensus on the definition of the term Computational Thinking and its distinction in three dimensions: concepts, practices, and attitudes.

This study aims to investigate the effect of a Computational Thinking-based instructional intervention on the computational practices of primary school pupils. Its unique contribution is its emphasis on practices related to the social aspects of Computational Thinking, which have not been adequately investigated. The survey used a mixed methods design, particularly an embedded design, in which both quantitative and qualitative data were collected simultaneously, with the latter playing a supportive role. The research sample consisted of 103 primary school pupils who worked in pairs in the context of Scratch, a visual programming environment, for approximately 28 teaching hours during the 2018–2019 school year.

Analysis of the collected data showed that the proposed instructional intervention may help improve students' overall perceptions of their problem-solving skills. It also suggested that the students' engagement in testing and debugging, as well as reusing and remixing of digital games' code, may lead to greater fluency in these computational practices. Finally, despite the limitations of the study, our work seems to further support the idea of the positive effects of programming, particularly pair programming, on the development of primary school pupils' Computational Thinking.

SUBJECT AREA: ICT in Education, Didactics of Informatics, Computational Thinking in Education

KEYWORDS: Computational Thinking (CT), Visual Programming, Problem Solving, Testing and Debugging, Reusing and Remixing



Η ερευνητική εργασία υποστηρίχτηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛΙΔΕΚ.) στο πλαίσιο της Δράσης «Υποτροφίες ΕΛΙΔΕΚ. Υποψηφίων Διδασκτόρων» (Αριθμός Υποτροφίας: 342...)

Σε όσους έχουν τη δική τους μπαντιέρα!

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η ολοκλήρωση της συγγραφής και η κατάθεση της παρούσας διατριβής σημαίνει, ενδεχομένως, την ολοκλήρωση των σπουδών μου στο Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, που ξεκίνησαν το έτος 2007 με την εισαγωγή μου στο προπτυχιακό πρόγραμμα σπουδών του. Στο σημείο αυτό οφείλω να ευχαριστήσω όλους εκείνους που με υποστήριξαν, συμβάλλοντας στην εκπλήρωση αυτού του στόχου.

Αρχικά, λοιπόν, θα ήθελα να εκφράσω τη βαθιά μου ευγνωμοσύνη στον Αναπληρωτή Καθηγητή του Τμήματος, Πολίτη Παναγιώτη, ο οποίος κατά τα χρόνια των προπτυχιακών σπουδών μας, όχι μόνο μας καθοδήγησε στην οικοδόμηση επιστημονικών γνώσεων που σχετίζονται με τα ερευνητικά του ενδιαφέροντα, αλλά και μας δίδαξε ανθρωπιστικές αξίες με το παράδειγμά του. Επιπλέον, τον ευχαριστώ θερμά για την επιστημονική του καθοδήγηση στα χρόνια των μεταπτυχιακών μου σπουδών και κυρίως κατά την εκπόνηση της παρούσας διατριβής. Τον ευχαριστώ για την ευκαιρία που μου έδωσε να εργαστώ μαζί του, όπως και για τον πολύτιμο χρόνο του που αφιέρωσε για τον σχεδιασμό και την υλοποίηση της παρούσας διατριβής.

Οφείλω να ευχαριστήσω, ακόμα, τον Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Ειδικής Αγωγής του Πανεπιστημίου, Καραγιαννίδη Χαράλαμπο και τον Επίκουρο Καθηγητή του Παιδαγωγικού Τμήματος Προσχολικής Αγωγής του Πανεπιστημίου, Καρασαββίδη Ηλία, για τον χρόνο που αφιέρωσαν σε όλη την πορεία της εκπόνησης της διατριβής. Ιδιαίτερα τους ευχαριστώ για τις καίριες υποδείξεις τους που αφορούσαν τόσο το θεωρητικό όσο και το ερευνητικό της μέρος.

Ευγνώμων είμαι και απέναντι στη διατελέσασα Καθηγήτρια του Παιδαγωγικού Τμήματος Δημοτικής Εκπαίδευσης του Πανεπιστημίου, Σαραφίδου Γιασεμή-Όλγα, η οποία με μύησε στην επιστήμη της στατιστικής κατά τα χρόνια των προπτυχιακών και μεταπτυχιακών μου σπουδών και αφιέρωσε αρκετό χρόνο για να λύσει απορίες μου που σχετίζονται με το ερευνητικό μέρος της παρούσας διατριβής.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ, τέλος, οφείλω στους διευθυντές και τους εκπαιδευτικούς των σχολείων στα οποία διεξήχθη η διδακτική παρέμβαση της έρευνας και ιδιαίτερα στον Βασάλο Διονύση, ο οποίος από την πρώτη στιγμή ενθάρρυνε και υποστήριξε την προσπάθειά μου.

ΛΙΣΤΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ

1. Σε επιστημονικό εθνικό περιοδικό με κριτές:

Βουρλέτσης, Ι., & Πολίτης, Π. (2018). Οι Απαρχές της Υπολογιστικής Σκέψης, η Εννοιολογική της Εξέλιξη και οι Μελλοντικές Προοπτικές: Μια συστηματική Βιβλιογραφική Ανασκόπηση. *Επιστήμες Αγωγής*, 2018(4), 72–92. Ανακτήθηκε από: <http://147.52.82.49/index.php/edusci/article/view/760>

2. Σε πανελλήνιο επιστημονικό συνέδριο με κριτές:

Βουρλέτσης, Ι., & Πολίτης, Π. (2019). Σύγχρονες προσεγγίσεις εννοιολόγησης, «διδασκαλίας» και αξιολόγησης της Υπολογιστικής Σκέψης. Στο Γ. Κουτρομάνος & Α. Γαλάνη (Επίμ.), *Πρακτικά Εργασιών του Πανελλήνιου Συνεδρίου «Ένταξη και Χρήση των ΤΠΕ στην Εκπαιδευτική Διαδικασία», 18-20 Οκτωβρίου, 2019* (σσ. 514–525). Παιδαγωγικό Τμήμα Δημοτικής Εκπαίδευσης: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. ISBN 978-618-83186-4-9.

3. Σε διεθνές επιστημονικό συνέδριο με κριτές:

Vourletsis, I., & Politis, P. (2020). Effects of a Computational Thinking Experimental Course on Students' Perceptions of Their Problem-Solving Skills. Στο *Proceedings of the 2020 9th International Conference on Educational and Information Technology (ICEIT 2020)* (σσ. 14–20). doi:10.1145/3383923.3383935

4. Σε συλλογικό τόμο:

Vourletsis, I., Politis, P., & Karasavvidis, I. (2021). The Effect of a Computational Thinking Instructional Intervention on Students' Debugging Proficiency Level and Strategy Use. Στο S. N. Demetriadis, V. Dagdilelis, T. Tsiatsos & A. Mikropoulos (Επίμ.), *Research on e-Learning and ICT in Education* (σσ. 15–34). doi:10.1007/978-3-030-64363-8_2

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	v
ABSTRACT.....	vi
ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ	ix
ΛΙΣΤΑ ΔΗΜΟΣΙΕΥΣΕΩΝ.....	x
ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	xi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ	xvi
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ.....	xviii
ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ.....	xix
ΠΡΟΛΟΓΟΣ	1
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	2
1.1 Το αντικείμενο της διατριβής	2
1.2 Η συμβολή της διατριβής	4
1.2.1 Η αυτοαντίληψη των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων	6
1.2.2 Η πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης	6
1.2.3 Η πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.....	7
1.3 Η δομή της διατριβής	7
A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ.....	11
2. ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ.....	11
2.1 Πρόδρομες μορφές Υπολογιστικής Σκέψης και παραδοσιακή αντίληψη	11
2.2 Η μετάβαση στη σύγχρονη αντίληψη για την Υπολογιστική Σκέψη.....	14
2.3 Η σύγχρονη αντίληψη για την Υπολογιστική Σκέψη.....	15
2.4 Η Υπολογιστική Σκέψη στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών	22
3. ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ.....	27
3.1 Η τριμερής διάκριση	27
3.2 Έννοιες της Υπολογιστικής Σκέψης	30
3.2.1 Λογική και λογική σκέψη	30
3.2.2 Αλγόριθμοι και αλγοριθμική σκέψη.....	30
3.2.3 Αναγνώριση μοτίβων.....	32
3.2.4 Αφαίρεση	32
3.2.5 Γενίκευση.....	34
3.2.6 Αξιολόγηση.....	35
3.2.7 Αυτοματισμός	36
3.2.8 Δεδομένα	37
3.2.9 Συγχρονισμός.....	38
3.3 Πρακτικές της Υπολογιστικής Σκέψης	38

3.3.1	Σχεδιασμός, προσάυξηση και επανάληψη	38
3.3.2	Δοκιμή και εκσφαλμάτωση.....	38
3.3.3	Επαναχρησιμοποίηση και διασκευή.....	39
3.3.4	Αποσύνθεση και τμηματοποίηση του προβλήματος	40
3.3.5	Επίλυση προβλημάτων	42
3.4	Στάσεις της Υπολογιστικής Σκέψης.....	43
4.	Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ.....	45
4.1	Κωδικοποίηση, προγραμματισμός, αλγοριθμική σκέψη και Υπολογιστική Σκέψη	45
4.2	Υπολογιστική Σκέψη και προγραμματισμός	47
4.2.1	Ο προγραμματισμός ως εργαλείο διδασκαλίας της Υπολογιστικής Σκέψης	47
4.2.2	Διδακτικά εργαλεία προγραμματισμού	50
4.2.2.1	Προγραμματιστικά περιβάλλοντα με πλακίδια (Block-based)	50
4.2.2.2	Προγραμματιστικά περιβάλλοντα κειμένου (Text-based)	58
4.2.2.3	Προγραμματιστικά περιβάλλοντα διαγραμμάτων ροής (Flowchart/ Arrow-based).	61
4.2.3	Διδακτικές προσεγγίσεις ΥΣ σε προγραμματιστικό περιβάλλον	63
4.2.3.1	Δημιουργία ψηφιακών παιχνιδιών.....	63
4.2.3.2	Δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων και κινουμένων σχεδίων	71
4.2.3.3	Δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης (debugging).....	76
4.2.3.4	Δραστηριότητες διασκευής έργων (remixing)	85
4.2.4	Προκλήσεις κατά τη διδασκαλία του προγραμματισμού.....	90
4.2.5	Προγραμματισμός στην πραγματική ζωή/ φυσικό κόσμο	91
4.3	Υπολογιστική Σκέψη και δραστηριότητες “Unplugged”	95
5.	Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ	98
5.1	Προς την αξιολόγηση της Υπολογιστικής Σκέψης	98
5.2	Η πρόταση των δημιουργών του Scratch	100
5.2.1	Ανάλυση Χρήστη	101
5.2.2	Συνεντεύξεις.....	102
5.2.3	Σχεδιαστικά σενάρια	103
5.3	Τα επικρατέστερα μοντέλα αξιολόγησης	104
5.3.1	Computational Thinking Scales (CTS).....	104
5.3.2	Computational Thinking Test (CTt).....	105
5.3.3	Το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch.....	107
5.3.4	Ο διαγωνισμός Bebras	110
6.	ΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΡΙΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ	111
6.1	Οι στόχοι και ο κίνδυνος δογματισμού	111
6.2	Η αξιολόγηση	112

6.3	Η οικουμενική/ καθολική αξία	113
6.4	Η ετοιμότητα των εκπαιδευτικών	115
6.5	Άλλα ζητήματα	116
B.	Η ΕΡΕΥΝΑ	118
7.	Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ	118
7.1	Το είδος της έρευνας.....	118
7.2	Ο σκοπός της έρευνας-Ερευνητικά ερωτήματα.....	120
7.3	Το ερευνητικό δείγμα.....	121
7.4	Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων	121
7.4.1	Ερωτηματολόγιο αυτοαντίληψης δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων.....	122
7.4.2	Ημιδομημένες συνεντεύξεις.....	122
7.4.3	Γραπτές περιγραφές των ενεργειών των μαθητών	123
7.4.4	Καταγραφές των ενεργειών επί της οθόνης.....	124
7.4.5	Ρουμπρίκες αξιολόγησης	125
7.4.6	Το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch.....	126
7.5	Η διαδικασία συλλογής των δεδομένων	127
7.5.1	Γενική περιγραφή της διδακτικής παρέμβασης	127
7.5.2	Περιγραφή ανά διδακτική ενότητα.....	131
7.5.2.1	Εισαγωγή	131
7.5.2.2	Εξερεύνηση.....	132
7.5.2.3	Κινούμενα Σχέδια.....	134
7.5.2.4	Ιστορίες.....	135
7.5.2.5	Παιχνίδια.....	137
7.6	Η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων.....	139
8.	ΕΡΕΥΝΑ 1 ^Η : Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....	143
8.1	Ο σκοπός της έρευνας-Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις.....	143
8.2	Το ερευνητικό δείγμα.....	144
8.3	Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων	144
8.4	Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων.....	146
8.5	Η διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων.....	147
8.6	Αποτελέσματα	148
8.7	Συζήτηση	150
9.	ΕΡΕΥΝΑ 2 ^Η : Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΙΡΡΕΑΣΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΙ ΕΚΣΦΑΛΜΑΤΩΣΗΣ	152
9.1	Ο σκοπός της έρευνας-Ερευνητικά ερωτήματα.....	152

9.2	Το ερευνητικό δείγμα.....	153
9.3	Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων	154
9.3.1	Ημιδομημένες συνεντεύξεις.....	154
9.3.2	Γραπτές περιγραφές των ενεργειών των μαθητών	154
9.3.3	Καταγραφές των ενεργειών επί της οθόνης.....	156
9.3.4	Ρουμπρίκα αξιολόγησης της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης	156
9.4	Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων.....	157
9.5	Η διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων.....	159
9.6	Αποτελέσματα	163
9.6.1	Επίδραση στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης..	163
9.6.2	Επίδραση στη χρήση συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης	166
9.7	Συζήτηση	169
10.	ΕΡΕΥΝΑ 3 ^Η : Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΚΕΥΗΣ-ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΙΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ	173
10.1	Ο σκοπός της έρευνας-Ερευνητικά ερωτήματα.....	173
10.2	Το ερευνητικό δείγμα.....	174
10.3	Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων	174
10.3.1	Ημιδομημένες συνεντεύξεις.....	174
10.3.2	Ρουμπρίκα αξιολόγησης της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής...	175
10.3.3	Το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch.....	176
10.4	Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων.....	177
10.5	Η διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων.....	180
10.6	Αποτελέσματα	181
10.6.1	Επίδραση στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής	181
10.6.2	Διαφορές των έργων ως προς τις συνιστώσες της ΥΣ.....	182
10.7	Συζήτηση	189
11.	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	192
11.1	Σύνοψη-Συμπεράσματα.....	192
11.1.1	Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση.....	194
11.1.2	Η βελτίωση της αυτοαντίληψης των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων	197
11.1.3	Η επίδραση της δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών στην πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης.....	198
11.1.4	Η επίδραση της δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών στην πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.....	200
11.2	Περιορισμοί της έρευνας.....	202
11.3	Κατευθύνσεις μελλοντικής έρευνας.....	203

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ.....	205
ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ	212
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ	214
1.0.1 Λογαριασμός στο Scratch.....	214
1.0.2 Έκπληξη	215
1.1.1 Βήμα-Βήμα	216
1.1.2 10 Blocks	217
1.1.3 Σχετικά με Εμένα	218
1.2.1 Φτιάξτε ένα Μουσικό Συγκρότημα.....	219
1.2.2 Ζωντάνεψε!.....	220
1.2.3 Μουσικό βίντεο.....	221
1.3.1 Συζητήσεις	222
1.3.2 Σκηνές	223
1.4.1 Λαβύρινθος.....	224
1.4.2 Pong.....	225
1.4.3 Σκορ	226
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΚΛΙΜΑΚΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΥΤΟΑΝΤΙΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ.....	227
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΙ ΕΚΣΦΑΛΜΑΤΩΣΗΣ.....	229
3.1 Οδηγός συνέντευξης	229
3.2 Ερωτήσεις αναστοχασμού των μαθητών για τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης.....	230
3.3 Ρουμπρίκα αξιολόγησης της ανάπτυξης της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης	231
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΚΕΥΗΣ.....	232
4.1 Οδηγός συνέντευξης	232
4.2 Ρουμπρίκα αξιολόγησης της ανάπτυξης της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.....	233
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ	234

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΠΙΝΑΚΩΝ

Πίνακας 1. Παραδοσιακή και σύγχρονη αντίληψη για την ΥΣ (Denning, 2017, σ. 37)	21
Πίνακας 2. Έννοιες, πρακτικές και στάσεις της ΥΣ (Brennan & Resnick, 2012· Brennan κ.ά., 2014) 28	
Πίνακας 3. Το 3D Hybrid CT Framework (Adams κ.ά., 2019, σ. 280)	29
Πίνακας 4. Οι δέκα κατηγορίες πλακιδίων (blocks)	56
Πίνακας 5. Έρευνες ανάπτυξης της ΥΣ μέσω δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών.....	69
Πίνακας 6. Έρευνες ανάπτυξης της ΥΣ μέσω δημιουργίας ψηφιακών αφηγήσεων	74
Πίνακας 7. Έρευνες ανάπτυξης της ΥΣ μέσω δραστηριοτήτων εκσφαλμάτωσης.....	84
Πίνακας 8. Έρευνες ανάπτυξης της ΥΣ μέσω δραστηριοτήτων διασκευής έργων	89
Πίνακας 9. Έννοιες και πρακτικές της ΥΣ ανά ενότητα της διδακτικής παρέμβασης που υλοποιήθηκε	129
Πίνακας 10. Ερμηνεία των τιμών του μερικού συντελεστή η^2	141
Πίνακας 11. Τιμές του δείκτη αξιοπιστίας Alpha του Cronbach για την κλίμακα PSIC και τις υποκλίμακές της.....	145
Πίνακας 12. Περιγραφικά δεδομένα για τη διαφορά της μέσης τιμής της μεταβλητή της συνολικής αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων (post-test–pre-test)	147
Πίνακας 13. Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τις μεταβλητές της αυτοαντίληψης και τη συνολική αυτοαντίληψη των μαθητών	148
Πίνακας 14. Αποτελέσματα του t-test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς στη μέση τιμή των μεταβλητών της αυτοαντίληψης των μαθητών (post-test–pre-test)	149
Πίνακας 15. Στατιστική τιμή, βαθμοί ελευθερίας και στατιστική σημαντικότητα για τον έλεγχο κανονικότητας Shapiro-Wilk.....	161
Πίνακας 16. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών.....	163
Πίνακας 17. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης για την επίδραση των διδακτικών εννοιών στο επίπεδο επάρκειας των δεξιοτήτων εκσφαλμάτωσης.....	164
Πίνακας 18. Πολλαπλές συγκρίσεις της μέσης τιμής του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης στις διδακτικές ενότητες.....	164
Πίνακας 19. Σχετική συχνότητα στρατηγικών εκσφαλμάτωσης και άθροισμα ανά διδακτική ενότητα	166
Πίνακας 20. Σχετική συχνότητα στρατηγικών εκσφαλμάτωσης και άθροισμα ανά στρατηγική.....	167
Πίνακας 21. Ανά ζεύγη συγκρίσεις των ποσοστών εφαρμογής της συστηματικής προσέγγισης στις διδακτικές ενότητες.....	168
Πίνακας 22. Τα επίπεδο επάρκειας των συνιστωσών της ΥΣ από το Dr. Scratch (Moreno-León, κ.ά., 2015, σ.6).....	176
Πίνακας 23. Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τη μεταβλητή της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.....	181
Πίνακας 24. Αποτελέσματα του t-test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς της μέσης τιμής του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής στις διδακτικές ενότητες	181
Πίνακας 25. Μέση τιμή των συνιστωσών της ΥΣ για τα αρχικά και τα διασκευασμένα έργα.....	183
Πίνακας 26. Αποτελέσματα του t-test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς της μέσης τιμής της μεταβλητής του ελέγχου ροής ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των Ιστοριών.....	184

Πίνακας 27. Αποτελέσματα του t-test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς της μέσης τιμής της μεταβλητής της αναπαράστασης των δεδομένων ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των <i>Παιχνιδιών</i>	186
Πίνακας 28. Αποτελέσματα του t-test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς της μέσης τιμής της μεταβλητής της αλληλεπίδρασης χρήστη ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των <i>Παιχνιδιών</i>	187
Πίνακας 29. Έννοιες και πρακτικές της ΥΣ ανά ενότητα της διδακτικής παρέμβασης που υλοποιήθηκε.....	196

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1. Κατασκευή τριγώνου στο περιβάλλον της LOGO (Papert, 1980, σ. 60).....	13
Εικόνα 2. Οι τρεις οδηγοί της χρήσης των υπολογιστών (Wing, 2008, σ. 3722)	16
Εικόνα 3. Πλακίδια τελεστών στο Scratch	30
Εικόνα 4. Σύνθετα σύνολα οδηγιών, οργανωμένα με βάση τη λειτουργία τους (Brennan & Resnick, 2012, σ. 9).....	41
Εικόνα 5. Δείγμα προγράμματος στο περιβάλλον LogoBlocks (Begel & Resnick, 1996, σ. 12).....	51
Εικόνα 6. Ο προγραμματισμός στα περιβάλλοντα (a) BridgeTalk, (b) LogoBlocks, (c) Scratch και (d) Alice. (Weintrop & Wilensky, 2017, σ. 3:3).....	52
Εικόνα 7. Το προγραμματιστικό περιβάλλον της LOGO κατά το 1967 (Price, 2015).....	54
Εικόνα 8. Η διεπιφάνεια χρήσης του Scratch	55
Εικόνα 9. Η μετάδοση του μηνύματος και οι δέσμες ενεργειών κατά τη λήψη	57
Εικόνα 10. Η ιστοσελίδα της διαδικτυακής κοινότητας του Scratch	58
Εικόνα 11. Αλγόριθμος προσομοίωσης ρίψης νομίσματος σε γλώσσα προγραμματισμού <i>Java</i>	59
Εικόνα 12. Το προγραμματιστικό περιβάλλον διαγραμμάτων ροής Raptor (Hooshyar κ.ά., 2015, σ. 33)	61
Εικόνα 13. Το Προγραμματιστικό περιβάλλον διαγραμμάτων ροής Progranimate με ταυτόχρονη κατασκευή κώδικα σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού (Hooshyar κ.ά., 2015, σ. 45).....	62
Εικόνα 14. Η συστηματική διαδικασία εκσφαλμάτωσης κώδικα των Böttcher κ.ά. (2016)	79
Εικόνα 15. Παιχνίδι που περιλαμβάνει τις μεταβλητές στο περιβάλλον του DeBugger (Yoon κ.ά., 2014).....	82
Εικόνα 16. Γρίφος πρόβλεψης του αποτελέσματος της εκτέλεσης του κώδικα στο παιχνίδι Gidget (Lee, 2015, σ. 152)	83
Εικόνα 17. Το προγραμματιζόμενο παιχνίδι <i>Algo.Rhythm</i> (Peng, 2012, σ. 402).....	92
Εικόνα 18. Το προγραμματιζόμενο παιχνίδι <i>CyberPLAYce</i> (Soleimani κ.ά., 2016, σ. 159).	92
Εικόνα 19. Η προγραμματιζόμενη συσκευή <i>LEGO® WeDo</i> (http://education.lego.com/en-us).....	93
Εικόνα 20. Η ταξινόμια των δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής των Komis κ.ά. (2017, σ. 164).....	94
Εικόνα 21. Οπτικοποιημένη «Ανάλυση Χρήστη» από το εργαλείο Scrape (Brennan & Resnick, 2012, σ. 13–14).....	102
Εικόνα 22. Παράδειγμα ερώτησης του CTt σχετικά με τους βρόχους και τους χρόνους των επαναλήψεων	106
Εικόνα 23. Στιγμιότυπο από την ανατροφοδότηση του Dr. Scratch για έργο του χρήστη	108
Εικόνα 24. Παράδειγμα λανθασμένης ανατροφοδότησης του Dr. Scratch (Αργυρίου κ.ά., 2016, σ. 4)	109
Εικόνα 25. Ο ενσωματωμένος σχεδιασμός (embedded design) των μικτών μεθόδων (Creswell & Plano Clark, 2007, σ.68).....	119
Εικόνα 26. Το σενάριο της δεύτερης δραστηριότητας εκσφαλμάτωσης.....	133
Εικόνα 27. Δραστηριότητα διασκευής στην ενότητα των <i>Ιστοριών</i>	137
Εικόνα 28. Δραστηριότητα εκσφαλμάτωσης στην ενότητα των <i>Παιχνιδιών</i>	139
Εικόνα 29. Γραπτός αναστοχασμός μαθητή για τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης	155
Εικόνα 30. Διάγραμμα ροής μαθητή για τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης	155
Εικόνα 31. Η δραστηριότητα εκσφαλμάτωσης στην ενότητα των <i>Κινουμένων Σχεδίων</i>	158
Εικόνα 32. Τα επεισόδια της ιστορίας προς διασκευή στην ενότητα των <i>Ιστοριών</i>	178
Εικόνα 33. Το παιχνίδι της <i>Ρακέτας</i> (Pong), το οποίο κλήθηκαν οι μαθητές να αναμείξουν στην ενότητα των <i>Παιχνιδιών</i>	179

ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΓΡΑΦΗΜΑΤΩΝ

Γράφημα 1. Λόγοι ενσωμάτωσης της ΥΣ στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Bocconi κ.ά., 2016, σ. 26).....	23
Γράφημα 2. Γράφημα γραμμής για τη μεταβολή της μέσης τιμής των μεταβλητών της αυτοαντίληψης από την αρχική (pre-test) ως την τελική αξιολόγηση (post-test)	150
Γράφημα 3. Θηκόγραμμα της μέσης τιμής της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης στις 4 διδακτικές ενότητες.....	160
Γράφημα 4. Γράφημα γραμμής (line graph) για τη γραφική απεικόνιση της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων	165
Γράφημα 5. Σωρευμένες ράβδοι σχετικών συχνοτήτων εφαρμογής των στρατηγικών εκσφαλμάτωσης στις διδακτικές ενότητες.....	168
Γράφημα 6. Ραβδόγραμμα της μέσης τιμής της μεταβλητής της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής στις διδακτικές ενότητες	182
Γράφημα 7. Διάγραμμα ραντάρ (αράχνης) για την απεικόνιση της μέσης τιμής των συνιστωσών της ΥΣ στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των <i>Ιστοριών</i>	185
Γράφημα 8. Ραβδόγραμμα συχνοτήτων των επικρατέστερων αλλαγών στα έργα της ενότητας των <i>Ιστοριών</i>	185
Γράφημα 9. Διάγραμμα ραντάρ (αράχνης) για την απεικόνιση της μέσης τιμής των συνιστωσών της ΥΣ στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των <i>Παιχνιδιών</i> (Ρακέτα)	188
Γράφημα 10. Ραβδόγραμμα συχνοτήτων των επικρατέστερων αλλαγών στα έργα της ενότητας των <i>Παιχνιδιών</i>	188

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η δημοσίευση πολυάριθμων αναφορών στις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, σύμφωνα με τις οποίες μαθητές της υποχρεωτικής εκπαίδευσης σε όλο τον κόσμο σημειώνουν χαμηλές επιδόσεις στο γνωστικό αντικείμενο της Επιστήμης των Υπολογιστών (Computer Science), σε συνδυασμό με τις προβλέψεις για συνεχώς αυξανόμενες ανάγκες θέσεων εργασίας που σχετίζονται με τους υπολογιστές, επέτεινε τον προβληματισμό σχετικά με τον ρόλο και τον χαρακτήρα της Πληροφορικής στη σύγχρονη εκπαίδευση. Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την έμφαση στο STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics), οδήγησαν στην αναγνώριση της σημασίας της ανάπτυξης νέου είδους δεξιοτήτων στους μαθητές και άνοιξαν τον δρόμο για την είσοδο της Υπολογιστικής Σκέψης (Computational Thinking· στο εξής ΥΣ) στην εκπαίδευση όλων των βαθμίδων.

Η ανάπτυξη της ΥΣ βρίσκεται στο επίκεντρο των προσπαθειών των τελευταίων ετών για τη διεύρυνση της εκπαίδευσης των μαθητών στην Επιστήμη των Υπολογιστών, μέσα από την καλλιέργεια ενός νέου τρόπου σκέψης, που στοχεύει να τους καταστήσει ικανούς να επιλύουν προβλήματα του πραγματικού κόσμου και να αξιοποιούν ποικίλα μέσα έκφρασης. Η ιδέα της ΥΣ ανάγεται στο 1940, αλλά ο πρώτος της ορισμός διατυπώθηκε το 2006 από τη Jeanette Wing. Έκτοτε, η αντίληψη για το περιεχόμενο του όρου της έχει υποστεί αρκετές διαφοροποιήσεις, αλλά είναι γενικά αποδεκτό ότι αφορά ένα σύνολο εννοιών, πρακτικών και στάσεων που σχετίζονται με την επίλυση προβλημάτων, βασίζονται στην αφαίρεση (abstraction) και έχουν καθολική εφαρμογή. Ακόμα, παρά το γεγονός ότι βασίζεται σε έννοιες που είναι θεμελιώδεις για την Επιστήμη των Υπολογιστών, η ΥΣ αφορά όλους τους ανθρώπους και όχι μόνο τους εξειδικευμένους επιστήμονες του τομέα των υπολογιστών.

Οι δραστηριότητες προγραμματισμού, είτε με τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών, είτε χωρίς αυτές, έχουν αποτελέσει την κύρια στρατηγική ανάπτυξης της ΥΣ. Η παρούσα διατριβή στοχεύει να διερευνήσει την επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης σε πρακτικές της ΥΣ που δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς και εντάσσονται στο πλαίσιο της κοινωνικής διάστασης της ΥΣ. Κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, οι συμμετέχοντες, μαθητές Δημοτικού σχολείου, εργάστηκαν σε ζεύγη, προγραμματίζοντας έργα διαφορετικών θεμάτων σε ένα προγραμματιστικό περιβάλλον βασισμένο σε πλακίδια (block-based) για περίπου 28 διδακτικές ώρες.

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Το αντικείμενο της διατριβής

Ο όρος *Υπολογιστική Σκέψη* εμφανίστηκε για πρώτη φορά το 1980, όταν ο Seymour Papert οραματίστηκε τη χρήση των υπολογισμών για τη δημιουργία νέας γνώσης και την αξιοποίηση των υπολογιστών για την ενίσχυση της σκέψης (Papert, 1980). Η ιδέα της ΥΣ ήταν ακόμη παλαιότερη, αλλά άρχισε να αποκτά ιδιαίτερη φήμη το 2006, όταν η Jeannette Wing την περιέγραψε ως ένα εύρος νοητικών εργαλείων για την επίλυση προβλημάτων, τον σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, που βασίζεται σε θεμελιώδεις για την Επιστήμη των Υπολογιστών έννοιες και θεωρείται το ίδιο σημαντικό με την ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική (Wing, 2006).

Τις δηλώσεις της Wing διαδέχθηκε ακαδημαϊκός διάλογος πολλών χρόνων, που κατέληξε σε σχετική συναίνεση για το περιεχόμενο του όρου. Η συναίνεση αυτή συνέβαλε στην ενσωμάτωση της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση πολλών χωρών και υπαγορεύτηκε τόσο από την επιδίωξη για ανάπτυξη των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα από τους μαθητές, όσο και από την ανάγκη για την προετοιμασία της ένταξής τους στην αγορά εργασίας του σύγχρονου ψηφιακού κόσμου (Bocconi κ.ά., 2016). Τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών έδωσαν έμφαση στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων του προγραμματισμού του υπολογιστή για την ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ, αν και, σύμφωνα με τη Wing (2006), «η ΥΣ είναι κάτι περισσότερο από το να είσαι σε θέση να προγραμματίζεις έναν υπολογιστή, καθώς απαιτεί σκέψη σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης» (σ. 34).

Το ενδιαφέρον για την ΥΣ υποβοηθήθηκε από αναφορές για κακές επιδόσεις μαθητών πολλών χωρών στο γνωστικό αντικείμενο της Επιστήμης των Υπολογιστών (Académie des Sciences, 2013· Grover & Pea, 2013· Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education, 2013· Royal Society, 2012· Wilson κ.ά., 2010), οι οποίες επέτειναν τον προβληματισμό ως προς τον ρόλο και τον χαρακτήρα της Πληροφορικής στην εκπαίδευση και ανέδειξαν την ανάγκη για μια νέα φιλοσοφία της στο ίδιο πλαίσιο. Η ΥΣ αποτέλεσε τον εκφραστή της νέας προσέγγισης, στο πλαίσιο της οποίας δίνεται έμφαση στον νέο ρόλο των μαθητών ως σχεδιαστών και δημιουργών, παρά ως καταναλωτών, στον νέο ψηφιακό κόσμο. Οι δεξιότητες που επιδιώκεται να αποκτήσουν οι μαθητές και περιλαμβάνονται στην ΥΣ υποστηρίζεται ότι σχετίζονται με την επίλυση σύνθετων προβλημάτων και έχουν καθολική εφαρμογή, χωρίς να αφορούν αποκλειστικά τους εξειδικευμένους επιστήμονες της Πληροφορικής (Lu & Fletcher, 2009· Wing, 2006).

Οι δραστηριότητες προγραμματισμού, όπως προαναφέρθηκε, έχουν αποτελέσει την κύρια στρατηγική ανάπτυξης των συνιστωσών της ΥΣ κατά τα τελευταία χρόνια, τόσο με τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών, όσο και χωρίς αυτές (Flórez κ.ά., 2017· Kalelioğlu κ.ά., 2016· Lockwood & Mooney, 2018a· Moreno-León κ.ά., 2018). Στις περιπτώσεις των ερευνών που αφορούν την ανάπτυξη της ΥΣ με αξιοποίηση ηλεκτρονικών συσκευών, φαίνεται πως τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα βασισμένα σε πλακίδια (block-based), που αποτελούν υποκατηγορία των περιβαλλόντων οπτικού προγραμματισμού (visual programming), χρησιμοποιούνται συχνότερα για την εισαγωγή αρχαρίων σε έννοιες και πρακτικές της ΥΣ.

Δεδομένης της επικράτησης των δραστηριοτήτων προγραμματισμού με χρήση ηλεκτρονικών συσκευών ως της κυρίαρχης στρατηγικής για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ, η παρούσα έρευνα στοχεύει να διερευνήσει την επίδραση μιας διδακτικής παρέμβασης που βασίζεται σε δραστηριότητες προγραμματισμού σε πρακτικές της ΥΣ που δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς. Ειδικότερα, διερευνήθηκε αν η διδακτική παρέμβαση (ανεξάρτητη μεταβλητή) που εφαρμόστηκε με μαθητές της ΣΤ΄ τάξης και οργανώθηκε σε τέσσερις θεματικές ενότητες (*Εξερεύνηση, Κινούμενα Σχέδια, Ιστορίες και Παιχνίδια*) μπορεί να επιδράσει στην αυτοαντίληψη (εξαρτημένη μεταβλητή) των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων, στο επίπεδο επάρκειάς τους (εξαρτημένη μεταβλητή) ως προς την πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, αλλά και στο επίπεδο επάρκειάς τους (εξαρτημένη μεταβλητή) ως προς την πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.

Εστιάζοντας στις παραπάνω υπολογιστικές πρακτικές, η έρευνα επικεντρώνει το ενδιαφέρον της στην επίδραση της συγκεκριμένης διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ που περιλαμβάνονται στην κοινωνική της διάσταση. Σύμφωνα με την τελευταία, η ΥΣ χαρακτηρίζεται και από μια δημιουργική και κοινωνική φύση και γι' αυτό είναι ανάγκη το ενδιαφέρον να μετατοπίζεται από τα εργαλεία και τον κώδικα προς την κοινότητα και το πλαίσιο. Ο προσανατολισμός της έρευνας προς αυτή τη διάσταση της ΥΣ υπαγόρευσε τη συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες προγραμματισμού εργαζόμενων σε ζεύγη σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης και την αξιοποίηση από τους μαθητές έργων άλλων δημιουργών για τον εντοπισμό και την επιδιόρθωση σφαλμάτων σ' αυτά ή για τη διασκευή τους.

Τα ερευνητικά ερωτήματα που διερευνήθηκαν αναδύθηκαν από τη μελέτη της σύγχρονης βιβλιογραφίας και τον εντοπισμό ελλείψεων σ' αυτή σχετικά με ζητήματα που σχετίζονται με την ΥΣ. Η βιβλιογραφική επισκόπηση της διατριβής επιδιώξε, αρχικά, να

παρουσιάσει την εξελικτική πορεία της έννοιας της ΥΣ, αρχής γενομένης από τη σύλληψη της ιδέας της πριν περίπου 80 χρόνια, μέχρι την εμφάνιση του όρου ΥΣ και τις μέρες μας. Επιδιώχθηκε, ειδικότερα, να αποτυπωθούν όλες εκείνες οι εξελίξεις, οι ιδέες και οι όροι που σχετίζονται με την ΥΣ, πριν την πρώτη καταγραφή του όρου της, αλλά και η εννοιολογική της εξέλιξη από εκείνο το σημείο μέχρι τις μέρες μας. Σε όλη τη διάρκεια της εννοιολογικής εξέλιξης της ΥΣ αναδεικνύεται ως καθοριστική η παρέμβαση της Jeanette Wing, το 2006, η οποία καθόρισε τη μετάβαση από την παραδοσιακή αντίληψη για την ΥΣ σε μια νέα, διευρυμένη εννοιολογικά αντίληψη για την ΥΣ (Wing, 2006). Στη συνέχεια, περιγράφηκε αναλυτικά η τριμερής διάκριση των συνιστωσών της ΥΣ (έννοιες, πρακτικές και στάσεις), με βάση τη σχετική ομοφωνία που έχει επιτευχθεί από την επιστημονική κοινότητα.

Στόχος της βιβλιογραφικής επισκόπησης, ακόμα, υπήρξε η αποτύπωση των πιο σύγχρονων εξελίξεων που αφορούν την ενσωμάτωση της ΥΣ στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών των ευρωπαϊκών χωρών, ειδικότερα της Ελλάδας, αλλά και άλλων χωρών. Η συγκριτική ανάλυση των δεδομένων από τις χώρες που μελετήθηκαν έδειξε ότι σημαντική θέση στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών καταλαμβάνει η εκμάθηση της κωδικοποίησης, η οποία είναι ένα από τα στάδια του προγραμματισμού, του συνηθέστερα χρησιμοποιούμενου εργαλείου για την ανάπτυξη της ΥΣ. Η σύνδεση του τελευταίου με την ΥΣ αποτέλεσε αντικείμενο διερεύνησης της βιβλιογραφικής επισκόπησης, όπως επίσης και οι κυριότερες διδακτικές προσεγγίσεις για την ανάπτυξη της ΥΣ. Στις διδακτικές προσεγγίσεις φαίνεται ότι επικρατούν δραστηριότητες προγραμματισμού παιχνιδιών, αφήγησης ιστοριών και εκσφαλμάτωσης σε περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού. Τέλος, επιδιώχθηκε να περιγραφούν τα επικρατέστερα μοντέλα αξιολόγησης της ΥΣ, καθώς η ύπαρξη περιορισμένων επιστημονικών δεδομένων σχετικά με τα εργαλεία αξιολόγησής της έχει αποτελέσει σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα για την ένταξή της στην υποχρεωτική εκπαίδευση και αποτελεί ένα από τα κυριότερα σημεία της κριτικής που ασκείται εναντίον της.

1.2 Η συμβολή της διατριβής

Τα ερευνητικά ερωτήματα που επιδιώκει να προσεγγίσει η παρούσα διατριβή εντάσσονται στη θεματική περιοχή των ΤΠΕ (Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών) στην Εκπαίδευση και ειδικότερα στην έρευνα για την ανάπτυξη της ΥΣ μαθητών Δημοτικού σχολείου. Δεδομένης, ωστόσο, της ισχυρής σύνδεσης μεταξύ του προγραμματισμού των υπολογιστών και της ΥΣ, η παρούσα διατριβή εμπίπτει ακόμα στο

πεδίο της Διδακτικής της Πληροφορικής. Όπως αναφέρθηκε στο Κεφάλαιο 1.1, στόχος της διατριβής υπήρξε η διερεύνηση της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης στην αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων και σε πρακτικές της ΥΣ. Με βάση τα συμπεράσματά της, λοιπόν, η παρούσα διατριβή συμβάλλει στην επιστημονική έρευνα ως εξής:

- Ενισχύει την υπόθεση για τη σύνδεση του προγραμματισμού και της ΥΣ και ειδικότερα για τη θετική επίδραση των δραστηριοτήτων προγραμματισμού στις πρακτικές της ΥΣ.
- Ενισχύει την υπόθεση για την αξιοποίηση των περιβαλλόντων οπτικού προγραμματισμού και ειδικότερα των περιβαλλόντων που βασίζονται σε πλακίδια ως αποτελεσματικών εργαλείων για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ μαθητών Δημοτικού σχολείου.
- Ενισχύει την υπόθεση για την ικανότητα των παιδιών Δημοτικού σχολείου να αναπτύξουν πρακτικές της ΥΣ.
- Προτείνει μια διδακτική παρέμβαση ως ένα δυνητικά αποτελεσματικό πλαίσιο για την ανάπτυξη πρακτικών της ΥΣ μαθητών Δημοτικού σχολείου.
- Προτείνει την αξιοποίηση του προγραμματισμού ψηφιακών παιχνιδιών σε ένα περιβάλλον προγραμματισμού που βασίζεται σε πλακίδια και στο πλαίσιο της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης για την ανάπτυξη των πρακτικών της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, όπως και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.
- Προτείνει τη συμμετοχή μαθητών Δημοτικού σχολείου σε δραστηριότητες προγραμματισμού σε ζεύγη για την ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ με φυσικό τρόπο, χωρίς άμεση διδασκαλία εννοιών και πρακτικών.
- Προτείνει την έγχυση χαρακτηριστικών των ψηφιακών ιστοριών σε ψηφιακά παιχνίδια και αντίστροφα ως κατεύθυνση για τη μελλοντική έρευνα για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ μαθητών Δημοτικού σχολείου.

Ιδιαίτερη συμβολή της διατριβής, ακόμα, αποτέλεσε το γεγονός ότι εστίασε σε πρακτικές της ΥΣ που δεν έχουν διερευνηθεί επαρκώς από την επιστημονική έρευνα, όπως επίσης και η έμφαση στην κοινωνική διάσταση της ΥΣ, μέσα από την εργασία των μαθητών σε ζεύγη και την αξιοποίηση έργων που έχουν δημιουργηθεί από άλλους χρήστες-μέλη της κοινότητας. Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ενός δημοσίου Δημοτικού σχολείου της Ελλάδας, αντίθετα με έρευνες που

πραγματοποιήθηκαν με εξωσχολικές ομάδες και σε δομές της ιδιωτικής εκπαίδευσης του εξωτερικού. Ακόμα, μέσα από την παρούσα έρευνα εξήχθησαν συμπεράσματα για την πρόοδο των μαθητών στην ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ, δεδομένου ότι επισημαίνεται η ανάγκη για μοντέλα παρακολούθησης της προόδου των μαθητών κατά τη διαδικασία ανάπτυξης της ΥΣ (Denning, 2017· Tedre & Denning, 2016). Στα επόμενα υποκεφάλαια παρουσιάζονται οι άξονες στους οποίους εστίασε η διατριβή σε αντιστοιχία με τα ερευνητικά ερωτήματα που προσέγγισε επιδιώκοντας να συμβάλει στην κάλυψη κενών στην επιστημονική έρευνα που αφορά την ανάπτυξη των δεξιοτήτων ΥΣ μαθητών Δημοτικού σχολείου.

1.2.1 Η αυτοαντίληψη των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων

Όπως θα φανεί στην παρουσίαση της βιβλιογραφικής επισκόπησης, η ΥΣ είναι ισχυρά συνδεδεμένη με την επίλυση προβλημάτων. Αρκετοί ερευνητές, μάλιστα, την ταυτίζουν μαζί της, υποστηρίζοντας ότι αποτελεί ένα σύνολο μεθόδων επίλυσης προβλημάτων, που περιλαμβάνει την έκφραση των προβλημάτων και των λύσεών τους με τρόπους τέτοιους, ώστε να επιτρέπουν την αναπαράστασή τους με τη μεσολάβηση υπολογιστών σε διάφορα επιστημονικά πεδία (Computer Science Teachers Association [CSTA] and the International Society for Technology in Education [ISTE], 2011· Grover & Pea, 2018· Kalelioğlu κ.ά., 2016· Wing, 2011). Η επίλυση προβλημάτων συχνά συμπεριλαμβάνεται στις πρακτικές της ΥΣ (Adams κ.ά., 2019) και η αυτοπεποίθηση των μαθητών για την επίλυση προβλημάτων στις στάσεις της ΥΣ (Barr & Stephenson, 2011· Weintrop κ.ά., 2016). Ωστόσο, ενώ έχει διερευνηθεί η επίδραση διδακτικών παρεμβάσεων ΥΣ στις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (Falloo, 2016· Fessakis κ.ά., 2013· Lye & Koh, 2014· Pardamean κ.ά., 2015), ελάχιστη έμφαση έχει δοθεί στις αντιλήψεις των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων.

1.2.2 Η πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης

Στα ερευνητικά ερωτήματα της παρούσας διατριβής περιλαμβάνεται, ακόμα, η διερεύνηση της επίδρασης της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης στην υπολογιστική πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, που περιλαμβάνει αλληπάληλους κύκλους δοκιμών και δημιουργίας υποθέσεων για τον εντοπισμό και τη διόρθωση σφαλμάτων κώδικα (Michaeli & Romeike, 2019· Miljanovic & Bradbury, 2017). Η διερεύνηση όχι μόνο του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής, αλλά και των στρατηγικών εκσφαλμάτωσης περιλαμβάνονται στους άξονες της ιδιαίτερης συμβολής της διατριβής, δεδομένου ότι η

συγκεκριμένη πρακτική έχει λάβει μικρό μερίδιο ενδιαφέροντος από την επιστημονική έρευνα, συγκριτικά με άλλες συνιστώσες της ΥΣ (Liu κ.ά., 2017· Lye & Koh, 2014· Michaeli & Romeike, 2019). Επιπλέον, η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της διατριβής, διερεύνησε την επίδραση της παρέμβασης στη δοκιμή και εκσφαλμάτωση υπό το πρίσμα της κοινωνικής διάστασης της ΥΣ, καθώς φαίνεται πως η επιστημονική έρευνα έχει εστιάσει στην πρακτική αντιμετωπίζοντάς την ως μια «μοναχική» δραστηριότητα» (Fitzgerald κ.ά., 2008), αγνοώντας κοινωνικοπολιτισμικούς παράγοντες (Proctor, 2019).

1.2.3 Η πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής

Στο πλαίσιο της κοινωνικής διάστασης της ΥΣ υποστηρίζεται η ανάγκη για συνειδητοποίηση ότι η χρήση του υπολογιστή αποτελεί μέσο δημιουργίας, αναγνώρισης της δύναμης της δημιουργίας μαζί με άλλους και προσφοράς σε άλλους για την προσέγγιση προβλημάτων που αφορούν τον πραγματικό κόσμο (Brennan & Resnick, 2012· Kafai, 2016). Η φιλοσοφία αυτή διευρύνει την έννοια της ΥΣ και μετατοπίζει το πεδίο του ενδιαφέροντός της από τον κώδικα προς την κοινότητα. Η παρούσα έρευνα διερεύνησε αν μια διδακτική παρέμβαση με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά μπορεί να διαφοροποιήσει τα επίπεδα επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών, δεδομένου ότι στην επιστημονική έρευνα επικρατούν δύο, αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με την επίδραση των δραστηριοτήτων που περιλαμβάνουν την αξιοποίηση έργων που έχουν δημιουργηθεί από άλλα μέλη της κοινότητας: η πρώτη υποστηρίζει ότι η έκθεση στο υλικό αυτό μπορεί να προωθήσει τη μάθηση (Dasgupta κ.ά., 2016· Fields κ.ά., 2017), ενώ η δεύτερη ότι η διασκευή μπορεί να οδηγήσει σε ανιαρά και κακής ποιότητας νέα έργα (Keen, 2007· Lanier, 2010) ή σε μη βελτίωση των συνιστωσών της ΥΣ, ειδικά σε περιπτώσεις υπερβολικής έκθεσης (Dasgupta κ.ά., 2016· Xing, 2021).

1.3 Η δομή της διατριβής

Η διατριβή αποτελείται από 11 κεφάλαια. Το θεωρητικό της πλαίσιο παρουσιάζεται στα Κεφάλαια 2 έως 6, ενώ ο σχεδιασμός, η υλοποίηση και τα αποτελέσματα της έρευνας περιγράφονται στα Κεφάλαια 7 έως 10. Η διατριβή ολοκληρώνεται με την παρουσίαση των συμπερασμάτων, των περιορισμών και των προτάσεων για μελλοντική έρευνα, στο Κεφάλαιο 11.

Ειδικότερα, στο παρόν κεφάλαιο, το Κεφάλαιο 1, πραγματοποιήθηκε η εισαγωγή στο αντικείμενο της διατριβής, μέσα από την παρουσίαση αφενός του σκοπού της βιβλιογραφικής επισκόπησης και της έρευνας που πραγματοποιήθηκε και αφετέρου της συμβολής της παρούσας διατριβής στην επιστημονική έρευνα για την ανάπτυξη της ΥΣ μαθητών Δημοτικού σχολείου.

Το Κεφάλαιο 2, που αποτελεί το πρώτο κεφάλαιο του θεωρητικού πλαισίου της έρευνας, παρουσιάζει την εννοιολογική εξέλιξη της ΥΣ από τη δεκαετία του 1940 μέχρι σήμερα. Κορύφωση της εξελικτικής αυτής πορείας αποτέλεσε η παρέμβαση της Jeanette Wing, το 2006, που καθόρισε τη μετάβαση από την παραδοσιακή αντίληψη για την ΥΣ στη νέα, διευρυμένη εννοιολογικά, ΥΣ. Στο ίδιο κεφάλαιο, ακόμα, πραγματοποιείται περιγραφή των εξελίξεων των τελευταίων χρόνων αναφορικά με την ενσωμάτωση της ΥΣ στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης.

Το Κεφάλαιο 3 αναλύει την παραδοσιακή, τριμερή διάκριση της ΥΣ σε έννοιες, πρακτικές και στάσεις. Πραγματοποιείται, ειδικότερα, ανάλυση των συνιστωσών της ΥΣ σύμφωνα με το παραδοσιακό μοντέλο της τριμερούς διάκρισης που γίνεται σε μεγάλο βαθμό αποδεκτό στις μέρες μας.

Δεδομένου ότι οι δραστηριότητες προγραμματισμού, είτε με τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών σε περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού, είτε χωρίς αυτή, έχουν αποτελέσει την κύρια στρατηγική ανάπτυξης των δεξιοτήτων της ΥΣ κατά τα τελευταία χρόνια, στο Κεφάλαιο 4 περιγράφεται η σχέση ανάμεσα στην ΥΣ και τον προγραμματισμό. Παρουσιάζονται, ειδικότερα, τα είδη περιβαλλόντων προγραμματισμού στα οποία μπορούν να αναπτύσσονται συνιστώσες της ΥΣ και η φιλοσοφία που διέπει τις δραστηριότητες χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών.

Παρόλο που η διεθνής βιβλιογραφία βρίθει διδακτικών προσεγγίσεων για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ, η έρευνα για την αξιολόγησή της βρίσκεται ακόμα σε πρώιμο στάδιο, αποτελώντας για πολλά χρόνια σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα για την ένταξή της στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Ωστόσο, στις μέρες μας επικρατούν ορισμένα μοντέλα αξιολόγησης, που παρουσιάζονται στο Κεφάλαιο 5.

Η έλλειψη ασφαλών συμπερασμάτων σχετικά με την αποτελεσματικότητα των διδακτικών προσεγγίσεων για την ανάπτυξη της ΥΣ αποτελεί ένα από τα κύρια σημεία της εναντίον της κριτικής. Το σημείο αυτό, μαζί με άλλα, όπως ο κίνδυνος δογματισμού, η

αμφισβητούμενη οικουμενική της αξία και ο βαθμός ετοιμότητας των εκπαιδευτικών για την ανάπτυξή της θίγονται στο Κεφάλαιο 6.

Στο Κεφάλαιο 7 περιγράφεται η μεθοδολογία της έρευνας που πραγματοποιήθηκε. Πιο συγκεκριμένα, περιγράφεται ο σκοπός της έρευνας και τα ερευνητικά ερωτήματα, τα χαρακτηριστικά του ερευνητικού δείγματος, τα εργαλεία συλλογής των ερευνητικών δεδομένων, η διαδικασία της συλλογής και η διαδικασία της ανάλυσής τους. Η συλλογή των ερευνητικών δεδομένων έλαβε κατά τη διάρκεια μίας διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο την ΥΣ και τις συνιστώσες της και περιγράφεται αναλυτικά στο ίδιο κεφάλαιο.

Η διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στην αυτοαντίληψη των συμμετεχόντων μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων αποτέλεσε τον στόχο του πρώτου τμήματος της έρευνας και παρουσιάζεται στο Κεφάλαιο 8. Για τη συλλογή των δεδομένων αξιοποιήθηκε σχετική κλίμακα στο πλαίσιο ενός προ-πειραματικού ερευνητικού σχεδιασμού, υπό τη μορφή του σχεδιασμού προέλεγχου-μετέλεγχου (pre-test–post-test) μίας ομάδας. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι η διδακτική παρέμβαση μπορεί να συμβάλει στη βελτίωση της συνολικής αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων.

Το Κεφάλαιο 9 περιλαμβάνει τη διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στο επίπεδο επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, η οποία αφορά τον εντοπισμό και την επίλυση των προβλημάτων σε μια ακολουθία εντολών. Διερευνήθηκε, ακόμα, η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στην εφαρμογή συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης από τους μαθητές, όταν αυτοί εκσφαλματώνουν προγράμματα άλλων χρηστών. Υιοθετήθηκε σχέδιο επαναλαμβανόμενων μετρήσεων ενός παράγοντα και συλλέχθηκαν τόσο ποιοτικά όσο και ποσοτικά δεδομένα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το επίπεδο επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών και η εφαρμογή συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης διαφοροποιείται μεταξύ ενοτήτων της διδακτικής παρέμβασης που διαθέτουν διαφορετικά χαρακτηριστικά.

Στο Κεφάλαιο 10 παρουσιάζεται η διερεύνηση της επίδρασης των δραστηριοτήτων της διδακτικής παρέμβασης στο επίπεδο επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών. Οι μαθητές εργάστηκαν εκ νέου με έργα άλλων δημιουργών, τροποποιώντας και εμπλουτίζοντάς τα, στο πνεύμα του νέου πλαισίου στο οποίο προτείνεται να ενταχθεί η ΥΣ, της υπολογιστικής συμμετοχικότητας. Η τελευταία υποστηρίζεται ότι μπορεί να εδραιώσει έναν λιγότερο ατομικιστικό και περισσότερο

κοινωνικό χαρακτήρα για την ΥΣ. Η ανάλυση των επαναλαμβανόμενων μετρήσεων σε ενότητες της διδακτικής παρέμβασης έδειξε ότι τα χαρακτηριστικά αυτών μπορούν να οδηγούν σε διαφοροποίηση της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής σε στατιστικά σημαντικό βαθμό.

Τέλος, στο Κεφάλαιο 11 συνοψίζονται τα κύρια σημεία και τα συμπεράσματα της διατριβής, διατυπώνονται οι περιορισμοί στους οποίους υπόκειται και προτείνονται κατευθύνσεις για μελλοντική έρευνα που θα ενισχύσει περαιτέρω την επιστημονική έρευνα για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων ΥΣ.

A. ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΥΠΟΒΑΘΡΟ

2. ΠΡΟΣΕΓΓΙΖΟΝΤΑΣ ΤΗΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗ ΣΚΕΨΗ

2.1 Πρόδρομες μορφές Υπολογιστικής Σκέψης και παραδοσιακή αντίληψη

Ο όρος ΥΣ, άρχισε να αποκτά μεγάλη φήμη το 2006, όταν χρησιμοποιήθηκε από την καθηγήτρια του Πανεπιστημίου της Νότιας Καλιφόρνια και μετέπειτα αντιπρόεδρο του τμήματος έρευνας της Microsoft, Jeannette Wing. Σε ένα άρθρο της στο περιοδικό *Communications of the ACM* (Association for Computing Machinery), που άσκησε μεγάλη επιρροή στις εξελίξεις της τρέχουσας δεκαετίας στο πεδίο της χρήσης της Πληροφορικής στην εκπαίδευση, όρισε την ΥΣ ως «μια στάση και ένα σύνολο δεξιοτήτων που έχουν καθολική εφαρμογή και θα έπρεπε όλοι, όχι μόνο οι επιστήμονες του τομέα των υπολογιστών, να είναι πρόθυμοι να μάθουν και να χρησιμοποιούν» (Wing, 2006, σ. 33).

Παρά το γεγονός ότι ο όρος ΥΣ συγκέντρωσε το ενδιαφέρον το 2006, η ιδέα του ήταν αρκετά παλαιότερη, καθώς οι βάσεις της ΥΣ είχαν τεθεί από τη δεκαετία του 1940, όταν άρχισαν να τίθενται και οι απαρχές της Επιστήμης των Υπολογιστών. Το βιβλίο του George Polya *How to Solve It* θεωρείται πρόδρομος της ΥΣ, καθώς εισήγαγε αρχές και μεθόδους για την επίλυση μαθηματικών προβλημάτων μέσα από μια διαδικασία τεσσάρων σταδίων (Polya, 1945). Σύμφωνα με τη διαδικασία αυτή, αρχικά είναι ανάγκη να κατανοηθεί πλήρως το πρόβλημα και τα ζητούμενά του. Στη συνέχεια, πρέπει να διερευνηθεί ο τρόπος με τον οποίο τα στοιχεία του προβλήματος συνδέονται μεταξύ τους και κυρίως τα άγνωστα στοιχεία με τα δεδομένα, προκειμένου να σχεδιαστεί η επίλυσή του. Έπειτα, υλοποιείται το σχέδιο της επίλυσης και στο τέλος πραγματοποιείται αναδρομή στην ολοκληρωμένη λύση, προκειμένου να λάβει χώρα αναστοχασμός και, αν απαιτείται, αναθεώρησή της.

Λίγο αργότερα, κατά τη δεκαετία του 1960, σύμφωνα με τον Guzdial (2015), εμφανίστηκαν οι πρώτοι θιασώτες της διάχυσης της γνώσης της Επιστήμης των Υπολογιστών και του προγραμματισμού σε όλους, όχι μόνο τους εξειδικευμένους επιστήμονες. Ανάμεσα στους πρωτοπόρους για την εποχή συγκαταλέγονται οι Alan Perlis, Allen Newell, Simon Herb, Donald Knuth, Edsger Dijkstra, Seymour Papert, Alan Kay, Adele Goldberg, Cynthia Solomon και Andrea diSessa. Ο Alan Perlis, επιστήμονας των υπολογιστών με σπουδαία συνεισφορά στον τομέα των γλωσσών προγραμματισμού, είχε θέσει ως στόχο από το 1962 τη διδασκαλία του προγραμματισμού σε κάθε φοιτητή, υποστηρίζοντας πως ο προγραμματισμός (programming) αποτελεί μια εξερεύνηση των διαδικασιών, που αφορά όλους, και πως η αυτοματοποιημένη εκτέλεση των διαδικασιών από μια μηχανή επρόκειτο να αλλάξει τα πάντα

(Guzdial, 2008). Θεωρούσε, ακόμα, ότι ο προγραμματισμός αποτελεί ένα βήμα προσέγγισης της θεωρίας υπολογισμού, που θα οδηγούσε τους φοιτητές να αναδιαμορφώσουν την κατανόησή τους σε μια ευρεία ποικιλία θεμάτων και να αναπτύξουν *αλγοριθμική σκέψη* (algorithmic thinking).

Ο όρος αλγοριθμική σκέψη χρησιμοποιήθηκε και από τους Newell κ.ά. (1967), ως μια διαδικασία σχεδιασμού βημάτων-εντολών προς μια μηχανή για την υπολογιστικά διαμεσολαβούμενη επίλυση ενός προβλήματος. Την εποχή εκείνη ασκήθηκε έντονη κριτική απέναντι στους υπολογιστές και ειδικότερα στο ερώτημα αν συνιστούν μια νέα επιστήμη, καθώς οι επιστήμες μελετούν φυσικά φαινόμενα, ενώ οι υπολογιστές αποτελούσαν ανθρώπινα δημιουργήματα. Οι πρωτοπόροι, λοιπόν, υποστήριζαν ότι οι υπολογιστές είχαν τη δύναμη να μετασχηματίζουν τη γνώση και να δίνουν μια νέα οπτική, που καμία άλλη επιστήμη ή πεδίο δεν μπορούσε να προσφέρει, χάρη στον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης. Λίγα χρόνια αργότερα, ο Donald Knuth συνέκρινε τη θεμελιωμένη πια Επιστήμη των Υπολογιστών με εκείνη των Μαθηματικών και εξέτασε τρόπους με τους οποίους θα μπορούσε η μία να βοηθήσει την άλλη (Knuth, 1974). Εξέφρασε, συγκεκριμένα, την άποψη ότι ένας αλγόριθμος αποτελεί μια μορφή διδαχής, που απευθύνεται σε μια μηχανή και οδηγεί στη βαθύτερη κατανόηση ενός προβλήματος, συμβάλλοντας στην κατανόηση εννοιών περισσότερων επιστημονικών πεδίων.

Την αξιοποίηση του υπολογιστή ως μέσου για την εξερεύνηση της γνώσης άλλων επιστημονικών πεδίων επεσήμαναν λίγο αργότερα και οι Kay και Goldberg (1977), διερευνώντας τη δυνατότητα χρήσης της γλώσσας *Smalltalk* ως εργαλείου προγραμματισμού και επίλυσης προβλημάτων, διαδραστικής μνήμης για την αποθήκευση και τον χειρισμό δεδομένων, αλλά και μέσου έκφρασης μέσα από το σχέδιο, τη ζωγραφική, τις κινούμενες εικόνες και τη σύνθεση μουσικής. Την ίδια δεκαετία, ο Dijkstra μίλησε για τις «καλές υπολογιστικές συνήθειες της σκέψης», δηλαδή τις διαδικασίες της σκέψης που τον οδήγησαν σε σχεδιασμό προγραμμάτων που εκπλήρωναν τον αρχικό τους στόχο. Ανάμεσα σ' αυτές συμπεριέλαβε την αξιολόγηση και κατηγοριοποίηση των ζητημάτων που τον απασχολούσαν και την αποτελεσματική αξιοποίηση της αφαίρεσης, προκειμένου ο στόχος να καταστεί «διανοητικά διαχειρίσιμος» (Dijkstra, 1979, σ. 3).

Ο Seymour Papert ήταν ο πρώτος που χρησιμοποίησε τον όρο ΥΣ το 1980, στο βιβλίο του *Mindstorms* (Papert, 1980, σ. 182). Ο Papert αναφέρθηκε τότε στην ΥΣ ως μια διανοητική δεξιότητα που αποκτούν τα παιδιά μέσα από τον προγραμματισμό, χωρίς να δίνονται περισσότερες διευκρινίσεις για τον όρο, παρά μόνο αρκετά χρόνια αργότερα. Ο Papert, από τη

δεκαετία του 1970, εργαζόμενος με τον W. Feurzeig και τη C. Solomon στη γλώσσα προγραμματισμού *LOGO*, είχε αναφερθεί στη χρήση αυτής της γλώσσας ως ενός δυναμικού πλαισίου για τη διδασκαλία μαθηματικών εννοιών (Feurzeig & Papert, 2011). Ειδικότερα, υποστήριξε πως στο περιβάλλον της LOGO, όπου οι μαθητές δίνουν εντολές σε έναν δρομέα που μοιάζει με χελώνα (χελωνογραφικά: turtle graphics), μπορεί να λάβει χώρα ανακαλυπτική κονστрукτιβιστική μάθηση και ανάπτυξη ανώτερων δεξιοτήτων της σκέψης (Papert, 1980). Ωστόσο, αφενός τα αποτελέσματα εμπειρικών ερευνών που δεν εντόπισαν συσχέτιση ανάμεσα στον προγραμματισμό με LOGO και τη βελτίωση δεξιοτήτων της σκέψης παιδιών (Kurland κ.ά., 1986) και αφετέρου η σχολική κουλτούρα της εποχής του, στην οποία κυριαρχούσαν οι συμπεριφοριστικές προσεγγίσεις, δεν επέτρεψαν στη θεωρία του να αποκτήσει ευρεία αποδοχή, μέχρι τις μέρες μας. Αξίζει να επισημανθεί, μάλιστα, όπως θα φανεί στο Κεφάλαιο 4, ότι πολλά από τα περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται στις μέρες μας μοιράζονται αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με το περιβάλλον της LOGO.

```
TO TRIANGLE
FORWARD 100
RIGHT 120
FORWARD 100
RIGHT 120
FORWARD 100
END

TO TRIANGLE :SIDE
REPEAT 3
  FORWARD :SIDE
  RIGHT 120
END
```

Εικόνα 1. Κατασκευή τριγώνου στο περιβάλλον της LOGO (Papert, 1980, σ. 60)

Το 1982 ο Kenneth Wilson βραβεύτηκε με Νόμπελ Φυσικής για την ανάπτυξη υπολογιστικών μοντέλων με εφαρμογή στην προσομοίωση και την πρόβλεψη φυσικών φαινομένων σε τομείς όπως η υδροδυναμική, η μετεωρολογία, η χημεία, η βιοφυσική και η φυσική της συμπυκνωμένης ύλης. Χρησιμοποίησε, μάλιστα, τον όρο *υπολογιστική επιστήμη* (computational science) για να αναφερθεί στους αναδυόμενους υποκλάδους των επιστημών στους οποίους ο υπολογισμός χρησιμοποιούνταν ως πρωταρχική μέθοδος, αλλά συμπληρωνόταν από παραδοσιακές μεθόδους (Denning, 2017). Αρκετοί ομοϊδεάτες του,

ακόμα, αναφέρθηκαν στις διαδικασίες της σκέψης που εμπλέκονται στις υπολογιστικές επιστήμες, όπως τον σχεδιασμό, τη δοκιμή και τη χρήση των υπολογιστικών μοντέλων.

Εκ νέου αναφορά στον όρο ΥΣ από τον Papert έγινε το 1996, σε ένα άρθρο του σχετικά με την εκπαίδευση στα μαθηματικά (Papert, 1996). Αναφέρθηκε, συγκεκριμένα, στην επίλυση προβλημάτων με χρήση του υπολογιστή, με τρόπο τέτοιο, ώστε να επιτρέπει στους ανθρώπους να αναλύουν και να εξηγούν καλύτερα τα προβλήματα και τις λύσεις τους, αλλά και να επισημαίνουν τις μεταξύ τους συνδέσεις. Τον απασχόλησε, δηλαδή, η εφαρμογή ιδεών και πρακτικών που είναι εμπνευσμένες από την Επιστήμη των Υπολογιστών, αλλά μπορούν να χρησιμοποιηθούν από τους ανθρώπους για την κατανόηση της φύσης των φαινομένων. Σύμφωνα με τον Denning (1999, σ. 3), όσοι ασχολούνται επαγγελματικά με τους υπολογιστές «είναι ανάγκη να είναι εξειδικευμένοι στην αλγοριθμική σκέψη, την αναπαράσταση (των δεδομένων), τον προγραμματισμό και τον σχεδιασμό». Ωστόσο, θεωρεί ότι ο σχεδιασμός συνδέει τις υπόλοιπες δεξιότητες με τα ζητήματα που προβληματίζουν περισσότερο τους ανθρώπους, καθώς περιλαμβάνει εκτιμήσεις για την ενσωμάτωση των διαθέσιμων εξαρτημάτων, τους περιορισμούς χρόνου και κόστους, αλλά και τις απαιτήσεις ασφάλειας και αξιοπιστίας.

Προσεγγίζοντας τη χρονιά-ορόσημο για την ΥΣ, ο Andrea diSessa εισήγαγε το 2000 τον όρο *υπολογιστικός γραμματισμός* (computational literacy), στο πλαίσιο του προβληματισμού του σχετικά με τη δυνατότητα της εκπαίδευσης να μετασχηματιστεί από τον υπολογιστή, προκειμένου τα παιδιά να μπορούν να μαθαίνουν περισσότερα, πιο εύκολα, πιο ευχάριστα και σε μικρότερη ηλικία (diSessa, 2000). Ο δικός του όρος αναγνώρισε τον υπολογιστή όχι μόνο ως ένα μέσο διδασκαλίας, αλλά και ως βάση για μια νέα παιδεία, που θα άλλαζε τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι σκέπτονται και μαθαίνουν. Για την επίτευξη αυτής της αλλαγής, οι μαθητές δεν έπρεπε να είναι μόνο χρήστες ή καταναλωτές των τεχνολογικών επιτευγμάτων, αλλά δημιουργοί δυναμικών και διαδραστικών μορφών έκφρασης.

2.2 Η μετάβαση στη σύγχρονη αντίληψη για την Υπολογιστική Σκέψη

Ο ορισμός της Wing (2006) για την ΥΣ αποδείχτηκε καθοριστικός για τις μελλοντικές εξελίξεις, σημαίνοντας το τέλος της παραδοσιακής αντίληψης για την ΥΣ και το πέραςμα στη νέα. Η ΥΣ πλέον «περιλαμβάνει την επίλυση προβλημάτων, τον σχεδιασμό συστημάτων και την κατανόηση της ανθρώπινης συμπεριφοράς, βασιζόμενη σε έννοιες που είναι θεμελιώδεις για την Επιστήμη των Υπολογιστών» (Wing, 2006, σ. 33). Κατά την άποψή της, η ΥΣ

ενσωματώνει ένα εύρος νοητικών εργαλείων που αντανakλούν την ευρύτητα της Επιστήμης των Υπολογιστών και, ως δεξιότητα, έπρεπε να εισαχθεί στην υποχρεωτική εκπαίδευση, προστιθέμενη σ' εκείνες της ανάγνωσης, της γραφής και της αριθμητικής και έχοντας την ίδια αξία μ' αυτές.

Η ΥΣ περιλαμβάνει, ακόμα, την αναδιαμόρφωση ενός φαινομενικά δύσκολου προβλήματος σε ένα άλλο, ευκολότερα διαχειρίσιμο. Η μετατροπή του αρχικού προβλήματος σε ένα απλούστερο επιτυγχάνεται με τη βοήθεια της αφαίρεσης, δηλαδή του εντοπισμού και έπειτα της απόκρυψης εκείνων των λεπτομερειών που είναι περιττές για την επίλυση του προβλήματος, χωρίς όμως να συμπαρασύρονται τα σημαντικά στοιχεία. Απαραίτητη είναι και η αποσύνθεση του προβλήματος (problem decomposition), δηλαδή ο τρόπος σκέψης για ένα μεγάλο και σύνθετο πρόβλημα από τη σκοπιά των συστατικών του στοιχείων, μέσα από την τμηματοποίησή του (modularization).

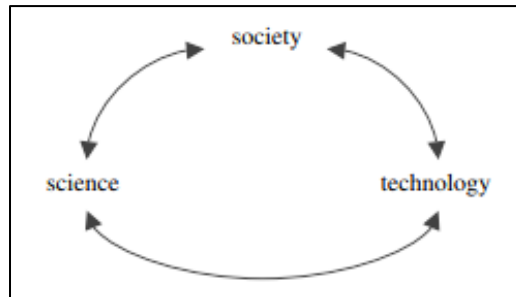
Είναι ανάγκη να διευκρινιστεί ότι η ΥΣ δεν αποτελεί μια αυτοματοποιημένη διαδικασία και δεν ταυτίζεται με τον τρόπο με τον οποίο «σκέφτονται» οι υπολογιστές, αλλά είναι μια θεμελιώδης ικανότητα που ταυτίζεται με τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι σκέφτονται για την επίλυση προβλημάτων. Ως θεμελιώδης ικανότητα αφορά όλους τους ανθρώπους και οδηγεί σε παραγωγή ιδεών, με τις οποίες θα προσεγγίζονται και θα επιλύονται τα προβλήματα, θα οργανώνεται η καθημερινή ζωή και θα λαμβάνει χώρα η επικοινωνία και η αλληλεπίδραση με άλλους ανθρώπους. Με βάση τα παραπάνω, θεωρήθηκε πως «η ΥΣ θα είναι η πραγματικότητα του αύριο» (Wing, 2006, σ. 34).

Οι τοποθετήσεις της Wing πυροδότησαν εκτενή ακαδημαϊκό διάλογο και η έννοια της ΥΣ άρχισε να απασχολεί έναν συνεχώς αυξανόμενο αριθμό ερευνητών, εκπαιδευτών και σχεδιαστών εκπαιδευτικής πολιτικής, χωρίς όμως να επιτυγχάνεται άμεσα η διατύπωση ενός καθολικά αποδεκτού ορισμού της.

2.3 Η σύγχρονη αντίληψη για την Υπολογιστική Σκέψη

Ο ορισμός της Wing (2006) για την ΥΣ δεν έγινε καθολικά αποδεκτός από την επιστημονική κοινότητα, καθώς εκφράστηκαν αντικρουόμενες απόψεις σχετικά με τη φύση και τον σκοπό της ΥΣ. Η ίδια επανήλθε σε σύντομο χρονικό διάστημα με νέο άρθρο, δίνοντας εκ νέου έμφαση στην έννοια της αφαίρεσης και στη σημασία της ΥΣ για όλους τους

ανθρώπους, επισημαίνοντας την αμφίδρομη σχέση μεταξύ τεχνολογίας και κοινωνίας (Wing, 2008).



Εικόνα 2. Οι τρεις οδηγοί της χρήσης των υπολογιστών (Wing, 2008, σ. 3722)

Τα χρόνια που ακολούθησαν παρατηρήθηκε αυξανόμενο ενδιαφέρον για την έννοια της ΥΣ, που, σύμφωνα με τους Grover και Pea (2013), υποβοηθήθηκε από τη δημοσιοποίηση της αναφοράς των Wilson κ.ά. (2010) *Running On Empty: The Failure to Teach K-12 Computer Science in the Digital Age*, τα στατιστικά στοιχεία της οποίας έδειξαν χαμηλές επιδόσεις των δύο τρίτων των μαθητών των ΗΠΑ στο γνωστικό αντικείμενο της Επιστήμης των Υπολογιστών. Καταλυτικό ρόλο διαδραμάτισε και η πρόβλεψη του Γραφείου Στατιστικών Εργασίας (Bureau of Labor Statistics) ότι η ταχύτερα αυξανόμενη αγορά εργασίας μέχρι το 2018 αναμενόταν να σχετίζεται με τους υπολογιστές. Οι παραπάνω εξελίξεις, επιπλέον, διαδέχθηκαν χρονικά την, ήδη από τις αρχές του 21^{ου} αιώνα, έμφαση της εκπαίδευσης στην Επιστήμη, την Τεχνολογία, τη Μηχανική και τα Μαθηματικά, που περιλαμβάνονται στο ακρωνύμιο STEM, και σε συνδυασμό με άλλους παράγοντες άνοιξαν τον δρόμο για την είσοδο της ΥΣ στην εκπαίδευση όλων των βαθμίδων.

Οι Lu και Fletcher (2009), λοιπόν, πρότειναν την ανάπτυξη μιας αποκλειστικής γλώσσας της ΥΣ, η οποία δε θα αποτελούσε μια γλώσσα προγραμματισμού, αλλά θα πλαισιωνόταν από κατάλληλο λεξιλόγιο για την περιγραφή των χαρακτηριστικών της ΥΣ που αφορούν την πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Μία χρονιά αργότερα το μάθημα *CS Principles* των College Board και National Science Foundation (NSF) σχεδιάστηκε για τον εκδημοκρατισμό της Επιστήμης των Υπολογιστών και τη δημιουργική αξιοποίησή της για τον μετασχηματισμό της κοινωνίας. Απευθυνόμενο σε σπουδαστές κολεγίων και λυκείου, βασίστηκε σε επτά «μεγάλες ιδέες» της Πληροφορικής, που ανέλυσαν την έννοια της ΥΣ και

εφαρμόζονται με ελάχιστες τροποποιήσεις ως σήμερα. Έχοντας ως αφετηρία την οπτική της Πληροφορικής ως μιας δημιουργικής ανθρώπινης δραστηριότητας, το μάθημα έδωσε έμφαση στην αφαίρεση για τη μείωση των πληροφοριών και την επικέντρωση στις απαραίτητες για την επίλυση των προβλημάτων έννοιες. Εργαλείο επίλυσης των προβλημάτων αποτέλεσαν οι αλγόριθμοι, οι οποίοι αξιοποιούνται δημιουργικά και σε αρμονική «συνεργασία» με το υλικό του υπολογιστή για τον απώτερο στόχο της επίτευξης καινοτομιών σε άλλα επιστημονικά πεδία (College Board, 2017).

Το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ (US National Research Council· NRC), απ' την πλευρά του, οργάνωσε δύο εργαστήρια, στα οποία προσκλήθηκαν ερευνητές διεθνούς φήμης για τη διερεύνηση της φύσης της ΥΣ και των παιδαγωγικών της εφαρμογών (National Research Council [NRC], 2010, 2011). Στο πρώτο εργαστήριο, παρόλο που επικράτησε η κοινή διαπίστωση της ανάγκης για μια θεώρηση πέρα από τον απλό προγραμματισμό, με προσθήκη νέων εννοιών, αναπάντητα έμειναν ερωτήματα που αφορούσαν τη διδακτική μεθοδολογία για την ενσωμάτωση της ΥΣ στην εκπαίδευση, όπως και για τη σχέση του προγραμματισμού με την ΥΣ. Στο δεύτερο εργαστήριο, οι απόψεις ερευνητών που εργάστηκαν με μαθητές και εκπαιδευτικούς οδήγησαν σε σχετική ομοφωνία σχετικά με τα εργαλεία και τις πρακτικές που είναι κατάλληλα για τη διδασκαλία της ΥΣ.

Η Wing έλαβε μέρος στα εργαστήρια και το 2011 πρότεινε έναν νέο ορισμό της ΥΣ, ορίζοντάς την ως «τις διαδικασίες της σκέψης που εμπλέκονται στη διατύπωση των προβλημάτων και των λύσεών τους, με τέτοιον τρόπο, ώστε οι λύσεις να αναπαρίστανται σε μια μορφή που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από έναν φορέα επεξεργασίας δεδομένων» (Wing, 2011), είτε ο τελευταίος πρόκειται για άνθρωπο, είτε για μηχανή. Ο παραπάνω ορισμός απέκτησε ιδιαίτερη σημασία για την εκπαίδευση των επόμενων χρόνων, καθώς επισημάνθηκε πως η ΥΣ αποτελεί αφενός μια διαδικασία της σκέψης χωρίς αναφορά σε οποιουδήποτε είδους τεχνολογία και αφετέρου μια μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων, στην οποία οι λύσεις είναι σχεδιασμένες με τρόπο που μπορούν να αξιοποιηθούν από έναν υπολογιστή, από έναν άνθρωπο ή από έναν συνδυασμό των δύο (Bocconi κ.ά., 2016).

Το 2011 η Ένωση Καθηγητών Πληροφορικής (Computer Science Teachers Association· CSTA) και η Διεθνής Κοινωνία για την Τεχνολογία στην Εκπαίδευση (International Society for Technology in Education· ISTE) διατύπωσαν έναν λειτουργικό ορισμό της ΥΣ, σύμφωνα με τον οποίο η τελευταία αποτελεί μια διαδικασία επίλυσης προβλημάτων. Ως τέτοια, περιλαμβάνει (χωρίς να περιορίζεται σ' αυτά) μια σειρά από

χαρακτηριστικά, όπως η μορφοποίηση των προβλημάτων με τέτοιον τρόπο, ώστε να είναι δυνατή η επίλυσή τους από υπολογιστή, η λογική οργάνωση και ανάλυση δεδομένων, η αναπαράσταση δεδομένων μέσω αφαιρέσεων (μοντέλα και προσομοιώσεις), η αυτοματοποίηση λύσεων μέσω αλγοριθμικού τρόπου σκέψης και η μεταφορά αυτής της διαδικασίας επίλυσης προβλήματος σε μια ευρεία ποικιλία προβλημάτων (Computer Science Teachers Association [CSTA] and the International Society for Technology in Education [ISTE], 2011, σ. 7).

Παραδείγματα πρακτικής εφαρμογής της ΥΣ θεώρησαν οι παιδαγωγοί Lee κ.ά. (2011) πως είναι ανάγκη να αποτελέσουν την αφετηρία για τον ορισμό της και επεσήμαναν πως είναι αρκετά χρήσιμο να ορίσουμε την αφαίρεση, τον αυτοματισμό (automation) και την ανάλυση (analysis), για να προσεγγίσουμε τον τρόπο με τον οποίο οι μαθητές αντιμετωπίζουν προβλήματα με τα οποία έρχονται αντιμέτωποι για πρώτη φορά. Προχώρησαν, έτσι, στον ορισμό της αφαίρεσης, ως μιας διαδικασίας γενίκευσης από τα επιμέρους και εστίασης στα απαραίτητα στοιχεία για την επίλυση ενός προβλήματος, του αυτοματισμού ως της καθοδήγησης του υπολογιστή για την εκτέλεση μιας σειράς επαναλαμβανόμενων εργασιών πιο γρήγορα και πιο αποδοτικά σε σύγκριση με την εκτέλεσή τους από τον άνθρωπο, προκειμένου οι υπολογιστές να αποτελούν «αυτοματοποιητές αφαιρέσεων» και της ανάλυσης ως μιας αναστοχαστικής πρακτικής που αναφέρεται στον βαθμό κατά τον οποίο οι αφαιρέσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν σωστές. Την ίδια χρονιά, οι Barr & Stephenson (2011) προχώρησαν, επίσης, στη διατύπωση ενός λειτουργικού ορισμού της ΥΣ, απευθυνόμενου σε εκπαιδευτικούς πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, στον οποίο συμπεριελήφθησαν έννοιες και δεξιότητες όπως η αφαίρεση, οι αλγόριθμοι (algorithms), οι αυτοματισμοί (automations), η αποσύνθεση του προβλήματος, η παραλληλία (parallelization) η προσομοίωση και η συλλογή, ανάλυση και αναπαράσταση των δεδομένων (data). Για κάθε έννοια ή δεξιότητα, οι συγγραφείς παρέθεσαν παραδείγματα ενσωμάτωσής τους σε δραστηριότητες διάφορων γνωστικών αντικειμένων.

Η παρουσία και η εφαρμογή της μεθοδολογίας και των πρακτικών της Επιστήμης των Υπολογιστών σε ένα ευρύ πεδίο επιστημών, ακόμα και εκείνων που δεν περιλαμβάνουν τη χρήση μηχανών, αποτέλεσε επίκεντρο του ορισμού που διατύπωσε το 2012 η Βασιλική Εταιρεία, σύμφωνα με τον οποίο η ΥΣ «είναι η διαδικασία αναγνώρισης υπολογιστικών πτυχών στον κόσμο που μας περιβάλλει και η εφαρμογή εργαλείων και τεχνικών από την Επιστήμη των Υπολογιστών για την κατανόηση και την ερμηνεία τόσο των φυσικών, όσο και των τεχνητών συστημάτων και διεργασιών» (Royal Society, 2012, σ. 29).

Την ίδια χρονιά, ο Aho είχε ορίσει την ΥΣ ως «τις διαδικασίες της σκέψης που εμπλέκονται στη διαμόρφωση των προβλημάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε οι λύσεις τους να μπορούν να αναπαρασταθούν ως υπολογιστικά βήματα και αλγόριθμοι» (Aho, 2012, σ. 832). Στο επίκεντρο της ΥΣ έθεσε την αφαίρεση, αλλά και τα υπολογιστικά μοντέλα. Υπογράμμισε, ακόμα, ότι κάθε φορά που σχεδιάζει κανείς έναν αλγόριθμο, σχεδιάζει και έναν νέο τρόπο για τον έλεγχο μιας μηχανής που εφαρμόζει το μοντέλο, προκειμένου να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα στον πραγματικό κόσμο. Σε ίδιο μήκος κύματος, ο Furber (2012) όρισε συνοπτικά την ΥΣ ως «τη διαδικασία αναγνώρισης των πτυχών του υπολογισμού στον κόσμο που μας περιβάλλει, αλλά και την εφαρμογή εργαλείων και τεχνικών από την Επιστήμη των Υπολογιστών για την κατανόηση και την αιτιολόγηση τόσο των φυσικών όσο και των τεχνητών συστημάτων και διαδικασιών» (σ. 29).

Οι Grover και Pea (2013), αφού πραγματοποίησαν ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, όρισαν τις συνιστώσες της ΥΣ. Ξεκινώντας από την αφαίρεση, την οποία θεωρούν ως ακρογωνιαίο της λίθο, συμπεριέλαβαν σ' αυτές τη γενίκευση (generalization), τον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης και τον έλεγχο της ροής (flow control) μιας ακολουθίας εντολών, δηλαδή τη σειρά με την οποία αξιολογούνται μεμονωμένες οδηγίες ή βήματα σε έναν αλγόριθμο. Συμπεριέλαβαν, ακόμα, τη συστηματική επεξεργασία των πληροφοριών, τα συμβολικά συστήματα και τις αναπαραστάσεις, την αποσύνθεση του προς επίλυση προβλήματος, την επαναληπτική σκέψη (iterative thinking) και την υποθετική λογική (conditional logic). Τέλος, η αποδοτικότητα και τα ζητήματα επιδόσεων αποτέλεσαν μια ακόμα συνιστώσα, όπως και η εκσφαλμάτωση (debugging), ως ο συστηματικός εντοπισμός των σφαλμάτων ενός κώδικα.

Ο υπολογιστικός γραμματισμός, κατά την Vee (2013) είναι η ικανότητα αποσύνθεσης μιας σύνθετης δραστηριότητας σε μικρότερες και έπειτα η έκφρασή τους με τη βοήθεια της τεχνολογίας ή ενός κώδικα που μπορεί να αναγνωριστεί από μια μη ανθρώπινη οντότητα, όπως τον υπολογιστή. Παράλληλα, οι Selby και Woollard (2014) όρισαν την ΥΣ ως μια δραστηριότητα που σχετίζεται με την επίλυση προβλημάτων, αλλά δεν περιορίζεται σ' αυτή. Ως διανοητική διαδικασία, αντανακλά την ικανότητα να σκέφτεται κανείς με όρους αφαιρέσεων και αποσύνθεσης προβλημάτων, με αναφορά σε αλγόριθμους και αξιολογήσεις, αλλά και γενικεύσεις. Με άλλα λόγια, η ΥΣ συνιστά μια εστιασμένη προσέγγιση στην επίλυση προβλημάτων, που ενσωματώνει διαδικασίες της σκέψης που χρησιμοποιούν την αφαίρεση, την αποσύνθεση του προβλήματος, τον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης, την αξιολόγηση (evaluation) και τις γενικεύσεις.

Το 2015 η Βρετανική Κοινότητα Υπολογιστών (British Computer Society) προχώρησε σε έναν αναλυτικό ορισμό της ΥΣ, σύμφωνα με τον οποίο η ΥΣ αποτελεί μια διαδικασία της σκέψης, που περιλαμβάνει τις αρχές της λογικής σκέψης. Με τη βοήθεια των τελευταίων, επιλύονται προβλήματα και γίνονται περισσότερο κατανοητά τεχνουργήματα, διαδικασίες και συστήματα. Υπ' αυτήν την έννοια, η ΥΣ περιλαμβάνει την ικανότητα να σκέφτεται κανείς αλγοριθμικά, την ικανότητα σκέψης απ' τη σκοπιά της αποσύνθεσης ενός προβλήματος, την ικανότητα πραγματοποίησης γενικεύσεων και την ικανότητα πραγματοποίησης αξιολογήσεων, σε ένα ευρύ φάσμα γνωστικών αντικειμένων των επιστημονικών τομέων (Csizmadia κ.ά., 2015).

Ένας από τους πιο πρόσφατους ορισμούς δημοσιεύτηκε τον Αύγουστο του 2016 από την Ένωση Καθηγητών Πληροφορικής, η οποία, επικαιροποιώντας τα πρότυπά της για την Επιστήμη της Πληροφορικής στην πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση, υπογράμμισε τη σημασία της επίλυσης προβλημάτων, της αφαίρεσης, των αυτοματοποιημένων διαδικασιών και της ανάλυσης, ως βασικών χαρακτηριστικών της ΥΣ:

Πιστεύουμε ότι η υπολογιστική σκέψη είναι μια μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων που επεκτείνει το βασίλειο της Επιστήμης των υπολογιστών σε όλους τους κλάδους, παρέχοντας ένα ξεχωριστό μέσο για την ανάλυση και την ανάπτυξη λύσεων σε προβλήματα που μπορούν να επιλυθούν υπολογιστικά. Με την έμφασή της στην αφαίρεση, τον αυτοματισμό και την ανάλυση, η υπολογιστική σκέψη αποτελεί βασικό στοιχείο της ευρύτερης Επιστήμης των Υπολογιστών (CSTA Standards Task Force, 2016, σ. 6).

Συνοψίζοντας, κοινή παραδοχή των ερευνητών κατά τον ιδιαίτερα γόνιμο διάλογο των τελευταίων δεκαετιών για τον ορισμό της ΥΣ υπήρξε η έμφαση στην επίλυση προβλημάτων και τις διαδικασίες της σκέψης, ιδιαίτερα την αφαίρεση. Η αρχική ιδέα του Papert για την ανάγκη ανάλυσης και εξήγησης των προβλημάτων υποστηρίχθηκε πολλά χρόνια αργότερα από την Wing, με την αναφορά της στη διατύπωση προβλημάτων. Αξιοσημείωτη, ακόμα, είναι η διαπίστωση ότι η ύπαρξη της μηχανής, ειδικότερα του υπολογιστή, δεν είναι απαραίτητη σε όλα τα στάδια των διαδικασιών της ΥΣ. Επιπλέον, φαίνεται πως η ΥΣ δεν παραμένει στα στενά όρια της Επιστήμης των Υπολογιστών, αλλά βρίσκει εφαρμογή σε όλους τους επιστημονικούς κλάδους.

Ανάμεσα στις δύο «εποχές» της ΥΣ, δηλαδή ανάμεσα στην παραδοσιακή και τη σύγχρονη αντίληψη γι' αυτή, όπως φαίνεται στον Πίνακα 1, διαφοροποιείται ο σκοπός της ΥΣ, τα πεδία εφαρμογής της και οι έννοιες που περιλαμβάνονται σ' αυτή (Denning, 2017, σ. 37). Η πιο σημαντική διαφορά, ωστόσο, που εντοπίζεται ανάμεσα στις δύο αντιλήψεις είναι η θέση του προγραμματισμού: Σύμφωνα με τους θιασώτες της παραδοσιακής αντίληψης για την ΥΣ, ο προγραμματισμός του υπολογιστή παράγει τον υπολογιστικό τρόπο σκέψης, ενώ σύμφωνα με εκείνους της σύγχρονης αντίληψης, η εκμάθηση διαφόρων εννοιών της ΥΣ οδηγεί στην εκμάθηση προγραμματιστικών δεξιοτήτων, χωρίς η τελευταία να αποτελεί αυτοσκοπό.

Πίνακας 1. Παραδοσιακή και σύγχρονη αντίληψη για την ΥΣ (Denning, 2017, σ. 37)

Παραδοσιακή ΥΣ	Νέα ΥΣ
Διανοητικές συνήθειες και αρχές, με απώτερο σκοπό τον σχεδιασμό χρήσιμου λογισμικού	Διατύπωση προβλημάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε οι λύσεις τους να μπορούν να αναπαρασταθούν σε ένα υπολογιστικό μέσο
Δεξιότητες σχεδιασμού και ανάπτυξης λογισμικού	Σύνολο δεξιοτήτων για την επίλυση προβλημάτων
Νέα προσέγγιση στη διεξαγωγή της επιστημονικής έρευνας	Χρήσιμη στις επιστήμες και σε περισσότερα περιβάλλοντα και πεδία
Απαραίτητη η γνώση του επιστημονικού τομέα για τον σχεδιασμό υπολογισμών σ' αυτόν	Οι αρχές της ΥΣ συμβάλλουν στην εξεύρεση λύσεων σε οποιονδήποτε τομέα
Οι τελικοί χρήστες μόνο εκτελούν τον αλγόριθμο, χωρίς να έχουν επίγνωση του μηχανισμού του	Οι άνθρωποι εμπλέκονται σε βήμα προς βήμα διαδικασίες και σκέφτονται υπολογιστικά, ακόμα και υποσυνείδητα
Η εμπλοκή σε υπολογιστική διαδικασία χωρίς την επίγνωσή της δε συνιστά ΥΣ	Η εμπλοκή σε οποιαδήποτε, δυνητικά υπολογιστική, διαδικασία, συνιστά υποσυνείδητη ΥΣ

Τέλος, ένα ακόμη σημείο διαφοροποίησης ανάμεσα στις δύο διαφορετικές αντιλήψεις για την ΥΣ εντοπίζεται στους αλγόριθμους: Μέχρι το 2006, οι αλγόριθμοι αποτέλεσαν οδηγίες για τον έλεγχο μιας μηχανής και την εκτέλεση μιας διαδικασίας, ενώ τα τελευταία χρόνια

αντιμετωπίζονται ως «εκφράσεις συνταγών» (Denning, 2017, σ. 37) για τη διεξαγωγή μιας διαδικασίας, χωρίς να απαιτείται γνώση υπολογιστικών μοντέλων. Με άλλα λόγια, ενώ οι ακολουθίες εντολών ήταν άρρηκτα συνδεδεμένες με μια γλώσσα προγραμματισμού, σήμερα θεωρείται ότι απευθύνονται σε κάθε είδους επεξεργαστή πληροφοριών, συμπεριλαμβανομένων των ανθρώπων, και επομένως η «μετάφρασή» τους σε γλώσσα προγραμματισμού είναι πλέον προαιρετική.

2.4 Η Υπολογιστική Σκέψη στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών

Το αυξανόμενο ενδιαφέρον που παρατηρείται κατά τα τελευταία έτη για την ΥΣ συνοδεύτηκε από αλλαγές ή προγραμματισμό αλλαγών των Αναλυτικών Προγραμμάτων Σπουδών για την υποχρεωτική εκπαίδευση. Παρόλο που η ενσωμάτωση της ΥΣ έχει εστιάσει στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση, ισχυρή είναι και η τάση για ενσωμάτωσή της στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση. Συχνά, ακόμη, οι επίσημες κατευθυντήριες γραμμές των χωρών διαφέρουν από τις πρωτοβουλίες σε τοπικό επίπεδο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Εσθονία, στην οποία δεν υπάρχει καμία επίσημη οδηγία του αρμόδιου Υπουργείου για ενσωμάτωση της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση, αλλά η ύπαρξη μιας πρωτοβουλίας, της *ProgeTiger*, που υποστηρίζει τα σχολεία που επιθυμούν να εφαρμόσουν την κωδικοποίηση (coding), την ΥΣ, τη ρομποτική και τις τρισδιάστατες τεχνολογίες, έχει υιοθετηθεί από το 80% των σχολείων της χώρας, με την έγκριση της πολιτικής εξουσίας (Bocconi κ.ά., 2016).

Η ενσωμάτωση της ΥΣ στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών των χωρών υπαγορεύτηκε από δύο, κυρίως, λόγους: Αφενός από την ανάγκη για ανάπτυξη των δεξιοτήτων του 21^{ου} αιώνα από τους μαθητές και αφετέρου από την ανάγκη για την προετοιμασία τους, μέσα από την προηγούμενη διαδικασία, για την ένταξη στην αγορά εργασίας του σύγχρονου, ψηφιακού κόσμου. Για αρκετές χώρες της Ευρώπης, όπως φαίνεται από τα πράσινα τμήματα του Γραφήματος 1, προτεραιότητα αποτελεί η ανάπτυξη των δεξιοτήτων της λογικής σκέψης και της επίλυσης προβλημάτων των μαθητών, ενώ για την Τσεχική Δημοκρατία και την Ελλάδα οι ίδιες δεξιότητες σχεδιάζεται να αποτελέσουν προτεραιότητα. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται και σε άλλες βασικές δεξιότητες, όπως στην οργάνωση και την ανάλυση των δεδομένων ή τις μεταγνωστικές δεξιότητες και τους πολυγραμματισμούς. Κάποιες χώρες, ακόμα, εστιάζουν στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων της κωδικοποίησης και του προγραμματισμού, ενώ για άλλες στόχο αποτελεί η προσέλκυση μελλοντικών σπουδαστών στην Επιστήμη των Υπολογιστών.

	Αυστρία	Τσεχική Δημοκρατία	Δανία	Φινλανδία	Γαλλία	Ελλάδα	Ουγγαρία	Ιταλία	Λιθουανία	Πολωνία	Πορτογαλία	Ελβετία	Τουρκία
Καλλιέργεια δεξιοτήτων λογικής σκέψης													
Καλλιέργεια δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων													
Καλλιέργεια άλλων βασικών δεξιοτήτων													
Προσέλκυση σπουδαστών στην Επιστήμη των Υπολογιστών													
Καλλιέργεια δεξιοτήτων κωδικοποίησης και προγραμματισμού													
Καλλιέργεια απασχολησιμότητας στον τομέα των ΤΠΕ													

Γράφημα 1. Λόγοι ενσωμάτωσης της ΥΣ στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών (Bocconi κ.ά., 2016, σ. 26)

Μικρό πλήθος χωρών της Ευρώπης στοχεύει στην ενίσχυση της απασχολησιμότητας στον τομέα των ΤΠΕ για τη στελέχωση σχετικών θέσεων εργασίας, όπως κυριαρχεί στη *Νέα Ατζέντα Δεξιοτήτων για την Ευρώπη* (New Skills Agenda for Europe), που ζητά από τα κράτη-μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης να επενδύσουν στην απόκτηση ψηφιακών δεξιοτήτων από τους πολίτες τους και να τις διαχύσουν σε όλο το φάσμα της εκπαίδευσης (European Commission, 2016). Στη Σιγκαπούρη δίνεται έμφαση στην ΥΣ και στην εξοικείωση των παιδιών από πολύ μικρή ηλικία με τις νέες τεχνολογίες, καθώς οι τελευταίες «γίνονται ένα απαραίτητο μέρος της ζωής και της καριέρας» και η ΥΣ αναδεικνύεται ως μια «εθνική δεξιότητα» (CODE@SG Movement, 2017). Το αυστραλιανό Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών, ακόμα, υπογραμμίζει την ανάγκη οι μαθητές να μάθουν πώς να χρησιμοποιούν και να αναπτύσσουν τις ψηφιακές τεχνολογίες για τη συμμετοχή και την εκπροσώπησή τους στον ψηφιακό κόσμο (Australian Curriculum, 2016).

Στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής, η πρωτοβουλία *Computer Science For All* του Προέδρου Obama άρχισε από το 2016 να διαθέτει στα σχολεία της πρωτοβάθμιας και της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης υποστήριξη και χρηματοδότηση, με στόχο οι μαθητές όλων των βαθμίδων «να είναι εξοπλισμένοι με τις ικανότητες ΥΣ που χρειάζονται για να είναι δημιουργοί στην ψηφιακή οικονομία και όχι μόνο καταναλωτές στον κατευθυνόμενο από την

τεχνολογία κόσμο μας» (Smith, 2016). Από τον τότε πρόεδρο των ΗΠΑ, ακόμα, τονίστηκε ότι είναι ανάγκη να προσφερθούν στους μελλοντικούς πολίτες πρακτικές δεξιότητες της Επιστήμης των Υπολογιστών, καθώς η συνεχής αναμόρφωση της παγκόσμιας οικονομίας τις αναδεικνύει ως απαραίτητες για τις οικονομικές ευκαιρίες και την κοινωνική κινητικότητα.

Τέλος, δε λείπουν και τα παραδείγματα χωρών που αντιμετωπίζουν με σκεπτικισμό την προοπτική της ενσωμάτωσης της ΥΣ στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η Νορβηγία, στην οποία μία επιτροπή ειδικών για την αξιολόγηση του ρόλου των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση παρουσίασε το 2016 τα πορίσματά της. Η επιτροπή πρότεινε την αναμόρφωση του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών για την υποχρεωτική εκπαίδευση, με συμπερίληψη της τεχνολογίας και του προγραμματισμού, μέρος του οποίου αποτελεί η ΥΣ, στα υποχρεωτικά γνωστικά αντικείμενα. Ωστόσο, στη χώρα ακόμα κυριαρχεί διχογνωμία ως προς την υιοθέτηση ή μη των προτάσεων της επιτροπής. Διχογνωμία επικρατεί, ακόμα, στην Ολλανδία, αναφορικά με τη συμπερίληψη της ΥΣ στο γνωστικό αντικείμενο της Πληροφοριακής Παιδείας (Information Literacy), το οποίο αποτελεί μέρος του ισχύοντος Αναλυτικού Προγράμματος (Bocconi κ.ά., 2016).

Στον ελληνικό χώρο, ανάμεσα στις προτάσεις που κατέθεσε το 2016 η Διαρκής Επιτροπή Μορφωτικών Υποθέσεων της Βουλής για τη βελτίωση της διδακτικής και μαθησιακής διαδικασίας, περιλαμβάνεται η πλήρης αναβάθμιση της δημιουργικής χρήσης των νέων τεχνολογιών σε όλες τις βαθμίδες της Εκπαίδευσης. Ο λόγος που επιτάσσει την αλλαγή αυτή είναι η «πληροφοριοποίηση» της κοινωνίας, που επιφορτίζει το σχολείο με την ανάπτυξη στους μαθητές ενός είδους «πληροφορικής κουλτούρας», προκειμένου οι τελευταίοι να κατορθώσουν να ενσωματωθούν με «ομαλό, ουσιαστικό, παραγωγικό και συμμετοχικό τρόπο» στην έντονα απαιτητική κοινωνία της πληροφορίας (Διαρκής Επιτροπή Μορφωτικών Υποθέσεων της Βουλής, 2016, σ. 40).

Για πρώτη φορά, μάλιστα, στα ελληνικά δεδομένα έγινε ρητή αναφορά στην ΥΣ και αποδόθηκε σ' αυτή τόσο μεγάλη σημασία, όπως είχε γίνει από την Wing (2006), η οποία την είχε τοποθετήσει ως απαραίτητη για τους μαθητές δεξιότητα, πλάι σ' εκείνες της ανάγνωσης, της γραφής και της αριθμητικής. Στις προτάσεις της επιτροπής, ειδικότερα, αναφέρεται ότι, πέρα απ' αυτές τις δεξιότητες, κάθε μαθητής είναι ανάγκη να διαθέτει «και ικανότητες πληροφορικού γραμματισμού και υπολογιστικής σκέψης», για την προσωπική του ανάπτυξη, αλλά και για τη διαμόρφωση μιας νέας κοινωνίας και οικονομίας (Διαρκής Επιτροπή Μορφωτικών Υποθέσεων της Βουλής, 2016, σ. 41). Το ίδιο κείμενο συνεχίζει με έναν σύντομο

ορισμό της ΥΣ, ως μιας «φιλοσοφίας αντιμετώπισης προκλήσεων της κοινωνίας, που εφαρμόζεται σε κάθε είδους προβληματική και συλλογιστική» (σ. 41) και περιλαμβάνει ικανότητες επίλυσης προβλημάτων, σχεδιασμού συστημάτων και κατανόησης ανθρώπινης συμπεριφοράς, καθιστώντας έτσι επιβεβλημένη την ανάπτυξή της από την πρώιμη ηλικία.

Το Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών (ΔΕΠΠΣ) και τα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών που ισχύουν σήμερα, ορίζουν, αρχικά, τις γενικές αρχές που διέπουν την υποχρεωτική εκπαίδευση της χώρας. Τα προγράμματα αντιμετωπίζουν τις νέες τεχνολογίες ως «πολύτιμα εργαλεία για την απόκτηση γνώσης, για την προαγωγή της εξατομικευμένης εκπαίδευσης και για την εξασφάλιση της δια βίου μάθησης» (Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων, 2003). Το Πρόγραμμα Σπουδών της Πληροφορικής, ειδικότερα, ορίζει ως σκοπό της διδασκαλίας της Πληροφορικής στην υποχρεωτική εκπαίδευση την απόκτηση απ' την πλευρά των μαθητών μιας σφαιρικής αντίληψης των βασικών λειτουργιών του υπολογιστή, μέσα σε μια προοπτική τεχνολογικού αλφαριθμητισμού και αναγνώρισης της Τεχνολογίας της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας, αναπτύσσοντας παράλληλα «ευρύτερες δεξιότητες κριτικής σκέψης, δεοντολογίας, κοινωνικής συμπεριφοράς αλλά και διάθεσης για ενεργοποίηση και δημιουργία τόσο σε ατομικό επίπεδο όσο και σε συνεργασία με άλλα άτομα ή ως μέλη μιας ομάδας» (Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων, 2003).

Ανάμεσα στους άξονες του γνωστικού περιεχομένου για την Ε' και ΣΤ' τάξη του Δημοτικού σχολείου, περιλαμβάνεται κι εκείνος του *Ελέγχου και Προγραμματισμού του υπολογιστή*. Η κατανόηση ότι ο υπολογιστής εκτελεί οδηγίες που παίρνει από τον άνθρωπο σε μια κωδικοποιημένη μορφή και η χρησιμοποίηση απλών εντολών για τη δημιουργία σχημάτων ή τη λύση απλών προβλημάτων περιλαμβάνονται στα επιδιωκόμενα μαθησιακά αποτελέσματα. Προτείνεται, έτσι, η χρήση μιας απλής γλώσσας προγραμματισμού, με χαρακτηριστικά παρόμοια με εκείνα της LOGO, για τον έλεγχο και τον προγραμματισμό του υπολογιστή. Δίνεται, επομένως, αρκετά μεγάλη ελευθερία στον εκπαιδευτικό για την επιλογή των μέσων και των δραστηριοτήτων επίτευξης του στόχου, αν και ως ενδεικτικές δραστηριότητες προτείνονται εκείνες της δημιουργίας απλών γεωμετρικών σχημάτων με τη συγγραφή κατάλληλων εντολών, όπως και της εκσφαλμάτωσης επιλεγμένων παραδειγμάτων, μέσα από τα οποία τα παιδιά κατανοούν ότι ο υπολογιστής εκτελεί πιστά τις οδηγίες που ο άνθρωπος του δίνει.

Οι μαθητές της Γ' Γυμνασίου επιδιώκεται αφενός να αναγνωρίζουν την έννοια της γλώσσας προγραμματισμού και την αναγκαιότητα της χρήσης της και αφετέρου να σχεδιάζουν τη λύση ενός απλού προβλήματος και να την υλοποιούν σε ένα προγραμματιστικό περιβάλλον. Αν και δε γίνεται ρητή αναφορά στην έννοια της ΥΣ, έμφαση δίνεται στην επίλυση προβλημάτων με έννοιες της Επιστήμης των Υπολογιστών. Ειδικότερα, ανάμεσα στις δραστηριότητες που υλοποιούν οι μαθητές περιλαμβάνεται η περιγραφή της διαδικασίας επίλυσης ενός προβλήματος, με τη διαπίστωση ότι ο υπολογιστής παρεμβαίνει μόνο στο τελικό στάδιο της λύσης του, μέσω της εκτέλεσης των πράξεων και της εμφάνισης του αποτελέσματος. Πραγματοποιείται, ακόμα, εισαγωγή των μαθητών στην έννοια του αλγόριθμου, με την ανάλυση των βημάτων που απαιτούνται για την εκτέλεση μιας ευκλείδειας διαίρεσης και έπειτα την καταγραφή με σαφήνεια των βημάτων που είναι ανάγκη να ακολουθηθούν για την εκτέλεση μιας καθημερινής διαδικασίας-προβλήματος.

Τέλος, στις πρόσφατες οδηγίες που εξέδωσε το Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής (ΙΕΠ) για τη διαχείριση της ύλης του γνωστικού αντικείμενου των ΤΠΕ στο Δημοτικό σχολείο για το σχολικό έτος 2020-2021, γίνεται ρητή αναφορά στην ΥΣ, ως μια απαραίτητη δεξιότητα για κάθε μαθητή (<http://www.iep.edu.gr/>). Στις αντίστοιχες οδηγίες που αφορούν τις τάξεις του Γυμνασίου γίνεται αναφορά στην ανάπτυξη της ικανοτήτων και στάσεων της ΥΣ, όπως της επίλυσης προβλημάτων και του σχεδιασμού συστημάτων, με «φυσικό» τρόπο, μέσα από δραστηριότητες προγραμματισμού σε περιβάλλοντα προγραμματισμού που βασίζονται σε πλακίδια.

3. ΟΙ ΣΥΝΙΣΤΩΣΕΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

3.1 Η τριμερής διάκριση

Ο διάλογος των τελευταίων δεκαετιών, όπως παρουσιάστηκε στο Κεφάλαιο 2, οδήγησε στη συναίνεση των επιστημόνων ότι η ΥΣ αποτελεί μια δραστηριότητα που σχετίζεται με την επίλυση προβλημάτων και είναι απαραίτητη για τους μαθητές του 21^{ου} αιώνα. Επακόλουθο της σταδιακής αναγνώρισής της ως μιας απαραίτητης δεξιότητας για τους μαθητές της σύγχρονης εποχής, όπως είχε οραματιστεί το 2006 η Wing, αποτέλεσε η νέα συζήτηση που ξεκίνησε αναφορικά με τα χαρακτηριστικά της διδασκαλίας που προσανατολίζεται στην ανάπτυξη της ΥΣ και ειδικότερα στα εργαλεία και τις διδακτικές στρατηγικές για την προώθησή της στη σχολική τάξη και για την αξιολόγησή της. Απαραίτητη προϋπόθεση προς αυτήν την κατεύθυνση, παρόλα αυτά, ήταν ο λεπτομερής προσδιορισμός του περιεχομένου καθενός από τους όρους που συμπεριελήφθησαν στην περιγραφή της ΥΣ.

Η ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας, όπως παρουσιάζεται στη συνέχεια, δείχνει ότι ως θεμελιώδης λίθος της ΥΣ θεωρείται η αφαίρεση, που δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να αντιμετωπίζει την πολυπλοκότητα, μέσω της σύλληψης των κοινών ιδιοτήτων ενός συνόλου στοιχείων, παρακάμπτοντας ταυτόχρονα τις ασήμαντες για την επίλυση του προβλήματος διαφορές που υπάρχουν ανάμεσά τους. Κεντρικής σημασίας είναι και η ικανότητα να σκέφτεται κανείς με αλγοριθμικό τρόπο, μέσω σχεδιασμού βημάτων, όπως και η ικανότητα αποσύνθεσης των προβλημάτων σε απλούστερα. Ευρέως αποδεκτή ως συνιστώσα της ΥΣ είναι και η ικανότητα γενίκευσης, ως ένας τρόπος επίλυσης νέων προβλημάτων που βασίζεται σε προηγούμενες λύσεις, αλλά και εκείνη της δοκιμής και της εκσφαλμάτωσης, ως μιας διαδικασίας προβληματισμού και προσπάθειας του σκεπτόμενου υπολογιστικά να εντοπίσει και να επιλύσει τα σφάλματα στα δημιουργήματά του. Σύμφωνα με ένα από τα πρώιμα μοντέλα της ΥΣ (Brennan & Resnick, 2012· Brennan κ.ά., 2014), το οποίο καθόρισε τη διαμόρφωση των μεταγενέστερων, οι συνιστώσες της μπορούν να διακριθούν σε έννοιες (concepts), πρακτικές (practices) και στάσεις (perspectives), όπως φαίνεται στον Πίνακα 2.

Πίνακας 2. Έννοιες, πρακτικές και στάσεις της ΥΣ (Brennan & Resnick, 2012· Brennan κ.ά., 2014)

Έννοιες (Concepts)	Περιγραφή
ακολουθίες (sequences)	προσδιορισμός μιας σειράς βημάτων για μία εργασία
βρόχοι (loops)	εκτέλεση της ίδιας ακολουθίας πολλές φορές
παραλληλία (parallelism)	το να κάνεις πράγματα να συμβαίνουν ταυτόχρονα
συμβάντα (events)	ένα πράγμα προκαλεί ένα άλλο να συμβεί
συνθήκες (conditionals)	λήψη αποφάσεων με βάση τις συνθήκες
τελεστές (operators)	υποστήριξη για μαθηματικές και λογικές εκφράσεις
δεδομένα (data)	αποθήκευση, ανάκτηση και επικαιροποίηση τιμών
Πρακτικές (Practices)	Περιγραφή
προσάυξηση και επανάληψη (being incremental and iterative)	ανάπτυξη ενός μικρού τμήματος, δοκιμή του και έπειτα ανάπτυξη ενός ακόμα τμήματος
δοκιμή και εκσφαλμάτωση (testing and debugging)	φροντίδα ότι τα πράγματα λειτουργούν σωστά—εντοπισμός και επίλυση των προβλημάτων όταν αυτά προκύπτουν
επαναχρησιμοποίηση και διασκευή (reusing and remixing)	δημιουργία ενός νέου πράγματος με βάση υπάρχοντα έργα ή ιδέες
νοητική αφαίρεση και τμηματοποίηση (abstracting and modularizing)	εξερεύνηση των συνδέσεων ανάμεσα στο όλο και τα μέρη
Στάσεις (Perspectives)	Περιγραφή
έκφραση (expressing)	συνειδητοποίηση ότι η χρήση του υπολογιστή αποτελεί μέσο δημιουργίας
σύνδεση (connecting)	αναγνώριση της δύναμης της δημιουργίας με άλλους και για άλλους
διατύπωση ερωτήσεων (questioning)	αίσθηση σιγουριάς για την πραγματοποίηση ερωτήσεων σχετικά με τον κόσμο

Η τριμερής αυτή διάκριση των συνιστωσών της ΥΣ διατηρείται ως τις μέρες μας, παρά το γεγονός ότι σε καθεμία από τις τρεις κατηγορίες έχουν προστεθεί δεξιότητες στο πέρασμα του χρόνου, με μικρότερη ή μεγαλύτερη αποδοχή από την επιστημονική κοινότητα. Βασιζόμενοι στα μοντέλα των ερευνητών των προηγούμενων ετών και πραγματοποιώντας μια ανασκόπηση των μοντέλων αξιολόγησης της ΥΣ που έχουν προταθεί κατά τα τελευταία χρόνια, οι Adams κ.ά. (2019) πρότειναν το *Τρισδιάστατο Υβριδικό Πλαίσιο της ΥΣ* (3D Hybrid CT Framework), όπως φαίνεται στον Πίνακα 3.

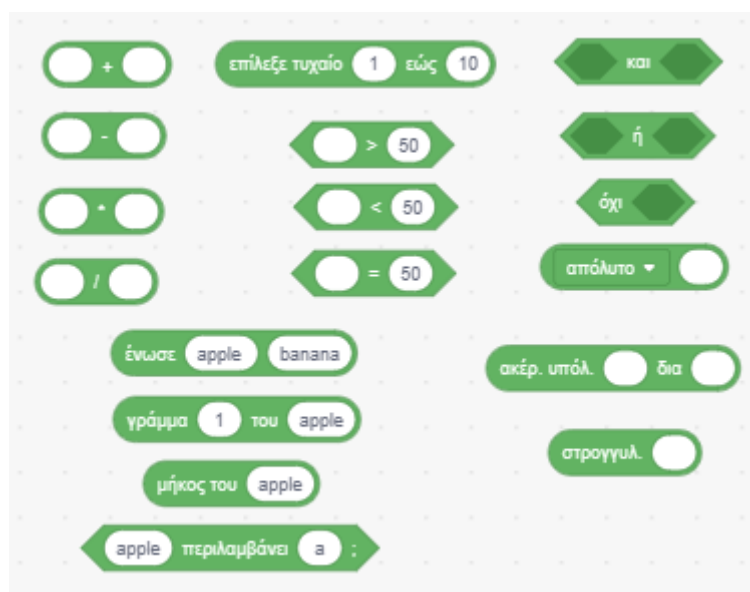
Πίνακας 3. Το 3D Hybrid CT Framework (Adams κ.ά., 2019, σ. 280)

Έννοιες της ΥΣ (CT concepts)	Πρακτικές της ΥΣ (CT Practices)	Στάσεις της ΥΣ (CT Perspectives)
Λογική και λογική σκέψη (Logic and logical thinking)	Αποσύνθεση προβλήματος (Problem decomposition)	Δημιουργία (Creation)
Αλγόριθμοι/ αλγοριθμικές δεξιότητες και σκέψη (Algorithms/ Algorithmic skills and thinking)	Δοκιμή και εκσφαλμάτωση (Testing and debugging)	Αυτοέκφραση (Self- expression)
Αναγνώριση μοτίβων (Pattern recognition)	Επίλυση προβλήματος (Problem solving)	Επικοινωνία (Communication)
Αφαίρεση (Abstraction)	Οργάνωση (Organization)	Συνεργασία (Collaboration)
Γενίκευση (Generalization)	Σχεδιασμός (Planning)	Διατύπωση ερωτήσεων (Questioning)
Αξιολόγηση (Evaluation)	Τμηματοποίηση και μοντελοποίηση (Modularizing and modeling)	Αναστοχασμός (Reflection)
Αυτοματισμός (Automation)	Προσαύξηση και επανάληψη (Being incremental and iterative)	Μεταφορά δεξιοτήτων (Skill Transfer)
Δεδομένα (Data)	Αλληλεπίδραση με τον χρήστη (User interactivity)	
Συγχρονισμός (Synchronization)		

3.2 Έννοιες της Υπολογιστικής Σκέψης

3.2.1 Λογική και λογική σκέψη

Μια από τις κεντρικότερες έννοιες της ΥΣ είναι η λογική και η λογική σκέψη, που περιλαμβάνει την ανάλυση μιας κατάστασης, προκειμένου κάποιος να λάβει μια απόφαση ή να καταλήξει σε ένα συμπέρασμα για μια κατάσταση (Adams κ.ά., 2019· Grover & Pea, 2018). Ως παράδειγμα, οι Grover και Pea (2018) αναφέρουν την κατάσταση εκείνη κατά την οποία κάποιος έχει να επιλέξει ανάμεσα στην αγορά του ίδιου αγαθού από δύο διαφορετικά καταστήματα, στο ένα από τα οποία κοστίζει ακριβότερα. Στην περίπτωση αυτή, καλείται να αποφασίσει αν αξίζει τον κόπο να πάει στο κατάστημα στο οποίο η τιμή είναι χαμηλότερη, λαμβάνοντας, όμως, υπόψη παράγοντες όπως την απόσταση ως το κατάστημα, τη χρονική στιγμή της ημέρας και τις καιρικές συνθήκες. Επιπλέον, η λογική του Boole (Boolean logic), όπως απορρέει από την άλγεβρα του ίδιου επιστήμονα, βρίσκεται στο επίκεντρο όλων των υπολογισμών και για τον λόγο αυτό οι μαθητές που μαθαίνουν να σκέπτονται υπολογιστικά τη μαθαίνουν δουλεύοντας σε γρίφους λογικής σκέψης και σενάρια επίλυσης προβλημάτων που περιλαμβάνουν τους τελεστές του Boole (Boolean operators).



Εικόνα 3. Πλακίδια τελεστών στο Scratch

3.2.2 Αλγόριθμοι και αλγοριθμική σκέψη

Ένα από τα χαρακτηριστικά της ΥΣ ως διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων, κατά τον λειτουργικό ορισμό της CSTA και της ISTE, ήταν η αυτοματοποίηση λύσεων μέσω αλγοριθμικού τρόπου σκέψης (CSTA and ISTE, 2011). Η ικανότητα να σκέφτεται κανείς με

αλγοριθμικό τρόπο περιλαμβάνεται στις βασικές συνιστώσες της ΥΣ, όπως δείχνει η επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας (Adams κ.ά., 2019· Angeli κ.ά., 2016· Barr & Stephenson, 2011· Brennan & Resnick, 2012· Csizmadia κ.ά., 2015· CSTA Standards Task Force, 2016· Grover & Pea, 2013, 2018· Selby & Woollard, 2014· The LEGO Group, 2016· Wing, 2011).

Η Wing (2011) όρισε τον αλγόριθμο ως την αφαίρεση μιας διαδικασίας που περιλαμβάνει την είσοδο δεδομένων, την εκτέλεση μιας σειράς βημάτων και την έξοδο, δηλαδή την παραγωγή ενός προϊόντος για την επίτευξη του επιθυμητού στόχου. Απόλυτα συνδεδεμένος με τη διαδικασία της επίλυσης προβλημάτων είναι ο αλγοριθμικός τρόπος σκέψης και κατά τους Csizmadia κ.ά. (2015), καθώς συνιστά «έναν τρόπο προσέγγισης μιας λύσης μέσα από έναν ξεκάθαρο ορισμό των βημάτων» (σ. 7).

Η αλγοριθμική σκέψη, ως ικανότητα που σχετίζεται με την επίλυση προβλημάτων, διαφέρει από την κωδικοποίηση, δηλαδή τις τεχνικές δεξιότητες που σχετίζονται με τη χρήση μιας γλώσσας προγραμματισμού, αλλά σχετίζεται με την έννοια των ακολουθιών, όπως αναφέρονται στο μοντέλο των Brennan και Resnick (2012), δηλαδή τον σχεδιασμό των βημάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε η σειρά εκτέλεσής τους να είναι η επιθυμητή (Selby, 2014, όπ. αναφ. στο Angeli κ.ά., 2016). Η έννοια της ακολουθίας μπορεί να γίνει ευκολότερα αντιληπτή, αν φανταστεί κανείς τις ενέργειες που πρέπει να ακολουθήσει με συγκεκριμένη σειρά, προκειμένου να εκτελέσει μια συνταγή μαγειρικής και να επιτύχει το επιθυμητό αποτέλεσμα (Brennan & Resnick, 2012) ή εκείνες που δίνει στον υπολογιστή για να τον οδηγήσει σε συγκεκριμένες ενέργειες (The LEGO Group, 2016).

Οι Grover και Pea (2013, 2018) συνέδεσαν τον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης και με τον έλεγχο της ροής μιας ακολουθίας εντολών, δηλαδή με τη σειρά με την οποία αξιολογούνται μεμονωμένες οδηγίες ή βήματα σε έναν αλγόριθμο. Σύμφωνα, τέλος, με τους Barr και Stephenson (2011), οι αλγόριθμοι έχουν εφαρμογή και νόημα και σε άλλα γνωστικά αντικείμενα, πέρα από την Πληροφορική: Στις Φυσικές επιστήμες αφορούν την πραγματοποίηση μιας πειραματικής διαδικασίας, στη Γλώσσα τη συγγραφή μιας σειράς οδηγιών για μια συγκεκριμένη διαδικασία και στα Μαθηματικά την εκτέλεση μιας ευκλείδειας διαίρεσης, μιας παραγοντοποίησης ή την έννοια του κρατούμενου στην πρόσθεση και την αφαίρεση.

3.2.3 Αναγνώριση μοτίβων

Διδακτική ενότητα του γνωστικού αντικειμένου των Μαθηματικών αποτελούν και τα αριθμητικά μοτίβα, που, ως έννοια της ΥΣ, συνδέονται πολύ στενά με την επίλυση προβλημάτων (Adams κ.ά., 2019). Στο πλαίσιο της ΥΣ, η αναγνώριση μοτίβων οδηγεί στον καθορισμό μιας λύσης που μπορεί να γενικευθεί και επομένως να οδηγήσει στην αυτοματοποίηση λύσεων για την αντιμετώπιση προβλημάτων που μοιράζονται κοινά χαρακτηριστικά, δηλαδή είναι παρόμοια με άλλα προβλήματα που έχουν ήδη επιλυθεί με προγραμματιστικό ή άλλο τρόπο στο παρελθόν (Grover & Pea, 2018). Πέρα από τη στοιχειώδη αυτή αναγνώριση προτύπων, οι επιστήμονες έχουν βελτιώσει την ιδέα σε ζητήματα όπως η μηχανική μάθηση (machine learning) και η τεχνητή νοημοσύνη (artificial intelligence).

3.2.4 Αφαίρεση

Η έννοια της ΥΣ που ομόφωνα έγινε δεκτή από τους ερευνητές και θεωρείται ως θεμέλιος λίθος της είναι εκείνη της αφαίρεσης (Adams κ.ά., 2019· Angeli κ.ά., 2016· Barr & Stephenson, 2011· Brennan & Resnick, 2012· Brennan κ.ά., 2014· Csizmadia κ.ά., 2015· CSTA Standards Task Force, 2016· Grover & Pea, 2013, 2018· Lee κ.ά., 2011· Selby & Woollard, 2014· The LEGO Group, 2016· Wing, 2011). Σύμφωνα με την Wing (2011), η αφαίρεση είναι η πιο σημαντική υψηλού επιπέδου διαδικασία σκέψης που σχετίζεται με την ΥΣ, καθώς δίνει τη δυνατότητα σε κάποιον να αντιμετωπίζει την πολυπλοκότητα, μέσω της σύλληψης των κοινών ιδιοτήτων ενός συνόλου στοιχείων, αποκρύπτοντας τις ασήμαντες διαφορές που υπάρχουν ανάμεσά τους. Το πρόβλημα, έτσι, γίνεται απλούστερο και πιο κατανοητό, καθώς περιορίζονται οι λεπτομέρειες που δε συμβάλλουν στην επίλυσή του. Η ίδια ερευνήτρια αναφέρει ως παράδειγμα τη σύνταξη του κώδικα ενός προγράμματος σε μια γλώσσα υψηλού επιπέδου, κατά την οποία εστιάζει κανείς σε χαμηλότερα επίπεδα αφαίρεσης, χωρίς να ενδιαφέρεται για λεπτομέρειες του υλικού του υπολογιστή, του λειτουργικού συστήματος, του συστήματος αρχείων ή ζητημάτων δικτύου (Wing, 2011).

Οι Csizmadia κ.ά. (2015) επεσήμαναν πως το δυσκολότερο στοιχείο που αφορά την αφαίρεση είναι διαδικασία της αναγνώρισης και επιλογής εκείνων των λεπτομερειών που είναι περιττές για την επίλυση του προβλήματος, χωρίς να συμπαρασύρονται τα σημαντικά στοιχεία. Με αφετηρία τις συγκεκριμένες περιπτώσεις στις οποίες έχει εστιάσει η προσοχή μετά την αφαίρεση των περιττών στοιχείων, γίνεται δυνατός ο ορισμός των μοτίβων και η γενίκευση. Η γενίκευση πραγματοποιείται με την οικοδόμηση μοντέλων ενός συστήματος, η μορφή των οποίων θα οδηγήσει σε επίλυση διαφορετικών προβλημάτων.

Για τους Barr και Stephenson (2011), η αφαίρεση ορίζεται με αναφορά στα γνωστικά αντικείμενα που διδάσκονται στην υποχρεωτική εκπαίδευση. Στην Πληροφορική, για παράδειγμα, η αφαίρεση αφορά τη χρήση διαδικασιών για την ενθυλάκωση μιας σειράς από εντολές που επαναλαμβάνονται συχνά και εκτελούν μια συγκεκριμένη λειτουργία, αλλά και τη χρησιμοποίηση δομών του προγραμματισμού, όπως εκείνης του βρόχου. Στα Μαθηματικά η αφαίρεση αφορά, μεταξύ των άλλων, τη χρήση των μεταβλητών στην άλγεβρα και την αναγνώριση των σημαντικότερων στοιχείων ενός προβλήματος και στις Φυσικές Επιστήμες σχετίζεται με την οικοδόμηση μοντέλων φυσικών οντοτήτων. Στις Κοινωνικές Επιστήμες σχετίζεται με την περίληψη, δηλαδή τη σύνοψη των σημαντικότερων στοιχείων ενός κειμένου ή μιας σειράς γεγονότων και την εξαγωγή γενικών συμπερασμάτων από συγκεκριμένα γεγονότα, ενώ στις Τέχνες και τη διδασκαλία της Γλώσσας αφορά τη δημιουργία ιστοριών, στις οποίες οι επιλογές των ηρώων καθορίζουν την πορεία της ιστορίας, αλλά και τη χρήση των παροιμιών, που έχουν μεταφορική σημασία.

Η αφαίρεση συνιστά βασικό στοιχείο της ΥΣ και για τους Lee κ.ά. (2011), που την όρισαν με αναφορά σε τρία πεδία: τη μοντελοποίηση και τις προσομοιώσεις, τη ρομποτική και τον σχεδιασμό και την ανάπτυξη παιχνιδιών. Στο πεδίο της μοντελοποίησης και των προσομοιώσεων, η αφαίρεση έγκειται στην επιλογή εκείνων των χαρακτηριστικών του πραγματικού κόσμου που είναι ανάγκη να ενσωματωθούν σε ένα μοντέλο του, στο πεδίο της ρομποτικής σχετίζεται με τον σχεδιασμό μιας ρομποτικής κατασκευής με τέτοιο τρόπο, ώστε να αντιδρά σε ένα σύνολο από συνθήκες, ενώ στο τελευταίο πεδίο αναφοράς, η αφαίρεση σχετίζεται με την επιλογή μιας σειράς χαρακτήρων και σκηνών για τη δημιουργία του σεναρίου του παιχνιδιού.

Οι Brennan και Resnick (2012) τοποθέτησαν την αφαιρετική ικανότητα ανάμεσα στις πρακτικές που σχετίζονται με την ΥΣ, συνδυάζοντάς τη με την τμηματοποίηση και χρησιμοποιώντας παραδείγματα από τη χρήση του περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού *Scratch*. Οι παραπάνω πρακτικές αφορούν την οικοδόμηση ενός μεγάλου έργου από τη σύνθεση πολλών μικρότερων και ως πρακτικές θεωρούνται πολύ σημαντικές για όλη τη διαδικασία του σχεδιασμού και της επίλυσης του προβλήματος, καθώς η εφαρμογή τους λαμβάνει χώρα από το αρχικό στάδιο της σύλληψης του προβλήματος μέχρι τα τελικά στάδια, που ολοκληρώνονται με τη μετουσίωση των ιδεών σε τμήματα κώδικα.

Στον οδηγό δραστηριοτήτων που συνοδεύει το Scratch, τον οδηγό *Creative Computing*, η αφαίρεση και η τμηματοποίηση ορίζονται ως πρακτικές που συνδέονται με την εξερεύνηση

των συσχετίσεων του όλου με τα επιμέρους (Brennan κ.ά., 2014). Η αφαίρεση συνιστά βασικό συστατικό στοιχείο της ΥΣ και στον οδηγό προς τον δάσκαλο που συνοδεύει το πακέτο εκπαιδευτικής ρομποτικής *LEGO WeDo 2.0*, όπου αξιοποιούνται παραδείγματα για την αφαίρεση με αναφορά σε ένα ποδήλατο: Για να συλλάβει κανείς την ιδέα του ποδηλάτου, αρκούν μόνο κάποια χαρακτηριστικά του, όπως ο τύπος και το χρώμα του, ενώ περισσότερες λεπτομέρειες θα δοθούν μόνο σε κάποιον που επιδεικνύει εντονότερο ενδιαφέρον γι' αυτό (The LEGO Group, 2016).

Αναφορά στη διαδικασία της αφαίρεσης σε συνδυασμό με ένα λογισμικό οπτικού προγραμματισμού έγινε και από τους Angeli κ.ά. (2016) κατά την παρουσίαση του σχεδιασμού τους για ένα αναλυτικό πρόγραμμα που θα ενσωμάτωνε τις έννοιες και τις πρακτικές της ΥΣ. Οι ερευνητές τοποθέτησαν σε περίοπτη θέση την αφαίρεση και έδωσαν έμφαση στη διαδικασία της μοντελοποίησης και της δημιουργίας αναπαραστάσεων για την επίλυση ενός προβλήματος από την ηλικία των 6 ετών. Σύμφωνα με το πρόγραμμά τους, ακριβώς σ' εκείνη την ηλικία η μοντελοποίηση περιορίζεται στη δημιουργία και παροχή οδηγιών προς άλλους, ενώ κατά τα επόμενα χρόνια (9–10 ετών) περιλαμβάνει τη δημιουργία ενός αντικειμένου και την ανάθεση οδηγιών σ' αυτό, μέχρι τα τελευταία χρόνια του μαθητή στο Δημοτικό σχολείο (11–12 ετών), οπότε ο τελευταίος δημιουργεί προσομοιώσεις διαδικασιών με τη χρήση ενός λογισμικού οπτικού προγραμματισμού.

Συνοψίζοντας τα παραπάνω, το καλοκαίρι του 2016 η CSTA, που το 2011 μαζί με τη ISTE είχε συμπεριλάβει την αφαίρεση στον λειτουργικό ορισμό της ΥΣ (CSTA & ISTE, 2011), κατέληξε πως η αφαίρεση συνιστά μια διαδικασία μείωσης της πολυπλοκότητας. Η διαδικασία αυτή περιλαμβάνει την απόκρυψη των λεπτομερειών που δε σχετίζονται με το υπό διερεύνηση ζήτημα και τη συγκέντρωση των χρήσιμων και σχετικών μ' αυτό πληροφοριών, προκειμένου να πραγματοποιηθεί εστίαση στο πρόβλημα. Το τελικό της προϊόν αποτελεί μια νέα αναπαράσταση ενός πράγματος, ενός συστήματος ή ενός προβλήματος που τοποθετεί το πρόβλημα σε ένα νέο πλαίσιο, που δεν περιλαμβάνει περιττά στοιχεία (CSTA Standards Task Force, 2016).

3.2.5 Γενίκευση

Όπως φάνηκε παραπάνω, ένας ακόμη όρος που σχετίζεται άμεσα με την επίλυση προβλημάτων και αναφέρεται συχνά από τους ερευνητές ως βασική συνιστώσα της ΥΣ είναι η ικανότητα γενίκευσης (Adams κ.ά., 2019· Angeli κ.ά., 2016· Brennan & Resnick, 2012·

CSTA and ISTE, 2011· Csizmadia κ.ά., 2015· Grover & Pea, 2013· NRC, 2011· Selby & Woollard, 2014· The LEGO Group, 2016· Wing, 2011). Κατά την επίλυση ενός προβλήματος, η δεξιότητα της αφαίρεσης αναμένεται να οδηγήσει στην εύρεση μοτίβων, προκειμένου να είναι δυνατή η πραγματοποίηση γενίκευσης, ξεκινώντας από επιμέρους παραδείγματα (Wing, 2011).

Η γενίκευση αποτελεί έναν τρόπο επίλυσης νέων προβλημάτων, που βασίζεται σε προηγούμενες λύσεις και προηγούμενες εμπειρίες, μέσα από την εύρεση ομοιοτήτων και συνδέσεων για τη μεταφορά αυτής της διαδικασίας επίλυσης προβλήματος σε μια ευρεία ποικιλία προβλημάτων. Για την πραγματοποίηση γενικεύσεων είναι πολύ σημαντικές οι ερωτήσεις της μορφής «Μοιάζει η παρούσα προβληματική κατάσταση με μια άλλη που έχω ήδη λύσει;» και «Πώς διαφέρει σε σχέση μ' εκείνη;», καθώς η εύρεση μοτίβων δεν αφορά μόνο τα δεδομένα, αλλά και τις στρατηγικές που έχουν χρησιμοποιηθεί στο παρελθόν (Csizmadia κ.ά., 2015). Ένας αλγόριθμος, για παράδειγμα, που αρχικά αποσκοπούσε στην επίλυση ενός συγκεκριμένου προβλήματος, αν τροποποιηθεί ή συνδυαστεί με άλλα στοιχεία μπορεί να οδηγήσει στην επίλυση νέων προβλημάτων. Είναι δυνατό, έτσι, η κατασκευή ενός αλγόριθμου να γίνει πολύ ευκολότερη (The LEGO Group, 2016).

Η ιδέα της γενίκευσης κινείται ένα βήμα πιο πέρα από την αποσύνθεση του προβλήματος, καθώς περιλαμβάνει μια διαδικασία αναγνώρισης του τρόπου με τον οποίο τα μικρά κομμάτια που προέκυψαν από την αποσύνθεση του προβλήματος μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν για επίλυση παρόμοιων ή νέων προβλημάτων (Selby & Woollard, 2014). Οι Brennan και Resnick (2012) πρότειναν ως μια από τις βασικές πρακτικές της ΥΣ την επαναχρησιμοποίηση και τη διασκευή μέσω της διαδικτυακής κοινότητας του Scratch, προκειμένου οι χρήστες να εντοπίζουν τμήματα κώδικα άλλων χρηστών, στα οποία θα μπορούσαν να βασιστούν για τη δημιουργία περισσότερο πολύπλοκων αλγόριθμων, τους οποίους ενδεχομένως να μην ήταν σε θέση να δημιουργήσουν εργαζόμενοι από μόνοι τους.

3.2.6 Αξιολόγηση

Η αξιολόγηση, ως έννοια της ΥΣ, βρίσκεται σε στενή σύνδεση με άλλες έννοιες της ΥΣ, όπως τους αλγόριθμους και την αφαίρεση, υπό την έννοια ότι κάθε μορφή αφαίρεσης είναι ανάγκη να αξιολογείται ως προς την ορθότητα και την καταλληλότητά της για την επίτευξη του τελικού στόχου, λαμβάνοντας υπόψη και τους περιορισμούς που υφίστανται (Adams κ.ά.,

2019· Grover & Pea, 2013· Lee κ.ά., 2011· L'Heureux κ.ά., 2012· Selby & Woollard, 2014· Wing, 2006).

Ο όρος *ανάλυση*, που χρησιμοποιείται εναλλακτικά μ' εκείνον της αξιολόγησης, σχετίζεται τόσο με τα ίδια τα προβλήματα, όσο και με τις λύσεις τους. Η αναφερόμενη στα προβλήματα *ανάλυση* αφορά όλα εκείνα τα στάδια κατά τα οποία πραγματοποιείται η αφαίρεση των περιττών τους λεπτομερειών, η αποσύνθεση και η τμηματοποίησή τους, προκειμένου να γίνει δυνατή η επεξεργασία και η επίλυσή τους. Στις περιπτώσεις που η *ανάλυση* και η αξιολόγηση αφορούν τις λύσεις των προβλημάτων, περιλαμβάνουν τη διαδικασία του προβληματισμού του σκεπτόμενου υπολογιστικά σχετικά με τον χρόνο, τον χώρο, την ισχύ και τη χωρητικότητα που απαιτεί και καταλαμβάνει ο κώδικάς του ή, με άλλα λόγια, τη διαδικασία αξιολόγησης των ισχυρών σημείων και των περιορισμών που χαρακτηρίζουν τον αλγόριθμό του (Wing, 2006). Πρόκειται, δηλαδή, για την ικανότητα αξιολόγησης των διαδικασιών ως προς την αποδοτικότητά τους και την αξιοποίηση των πόρων, αλλά και την ικανότητα της αξιολόγησης των αποτελεσμάτων τους (Adams κ.ά., 2019· Grover & Pea, 2013, 2018· L'Heureux κ.ά., 2012).

Οι Lee κ.ά. (2011), τέλος, όρισαν την *ανάλυση* σαν μια αναστοχαστική διαδικασία που αναφέρεται στον βαθμό κατά τον οποίο οι αφαιρέσεις που πραγματοποιήθηκαν ήταν σωστές. Περιλαμβάνει, έτσι, ερωτήσεις όπως «Είχα κάνει τις σωστές υποθέσεις όταν περιόρισα το πρόβλημα στα βασικά του στοιχεία;» και «Μήπως παρέλειψα κάποιον σημαντικό παράγοντα;» Κατά τη δημιουργία ενός ψηφιακού παιχνιδιού, η *ανάλυση* περιλαμβάνει τον αναστοχασμό σχετικά με τον βαθμό στον οποίο τα στοιχεία που ενσωματώθηκαν το κάνουν διασκεδαστικό, ενώ κατά τη δημιουργία προσομοιώσεων ο αναστοχασμός αφορά τον βαθμό στον οποίο το μοντέλο που προέκυψε αντικατοπτρίζει την πραγματικότητα.

3.2.7 Αυτοματισμός

Ο λειτουργικός ορισμός της CSTA και της ISTE για την ΥΣ είχε συμπεριλάβει την αυτοματοποίηση λύσεων μέσω του αλγοριθμικού τρόπου σκέψης (CSTA and ISTE, 2011). Η έννοια του αυτοματισμού αναφέρεται σε μια διαδικασία που συμβάλλει στην εξοικονόμηση χρόνου και κόπου, καθώς αφορά την καθοδήγηση του υπολογιστή για την εκτέλεση μιας σειράς επαναλαμβανόμενων εργασιών πιο γρήγορα και πιο αποδοτικά, σε σύγκριση με την εκτέλεσή τους από τον άνθρωπο, που διαθέτει διαφορετική υπολογιστική ισχύ. Υπ' αυτή την έννοια, οι υπολογιστές αποτελούν «αυτοματοποιητές αφαιρέσεων» (Lee κ.ά., 2011, σ. 33).

Ο αυτοματισμός γίνεται δυνατός χάρη στις ακριβείς οδηγίες που δίνει κανείς στον υπολογιστή και τα μοντέλα που κατασκευάζονται απ' την εκτέλεσή τους. Η χρήση, λοιπόν, του υπολογιστή αυτοματοποιεί τις αφαιρέσεις, τα επίπεδα αφαίρεσης και τις σχέσεις ανάμεσά τους. Σύμφωνα με την Wing (2008), η ΥΣ είναι δυνατή και χωρίς τη χρήση μιας μηχανής, καθώς ο άνθρωπος είναι σε θέση να εκτελέσει τις ίδιες διαδικασίες με τη μηχανή, δηλαδή να επεξεργαστεί πληροφορίες και να κάνει υπολογισμούς. Ο συνδυασμός, όμως, ανθρώπου και μηχανής δίνει πολύ μεγάλες δυνατότητες, καθώς διαθέτουν διαφορετικό τρόπο επεξεργασίας των πληροφοριών και ο ένας μπορεί να συμπληρώσει τον άλλο.

Τέλος, η έννοια του αυτοματισμού στα διάφορα γνωστικά αντικείμενα μπορεί να αφορά τη χρήση σχετικών λογισμικών που μηχανοποιούν διαδικασίες και βοηθούν τον άνθρωπο να συγκεντρώσει τις νοητικές του δυνάμεις σε περισσότερο ουσιώδη και απαιτητικά ζητήματα. Για παράδειγμα, στη διδασκαλία της Γλώσσας, ο άνθρωπος μπορεί να εστιάσει στο περιεχόμενο του γραπτού του, ενώ ένα λογισμικό να ελέγξει την ορθογραφία του (Barr & Stephenson, 2011). Επιπλέον, ο αυτοματισμός στη δημιουργία προσομοιώσεων μπορεί να απλοποιήσει τα ζητήματα του χρόνου ανάμεσα σε κάθε δοκιμή, στη ρομποτική μπορεί να αφορά τον έλεγχο των δεδομένων των αισθητήρων από ένα πρόγραμμα αντί για τον άνθρωπο, ενώ σε ένα ψηφιακό παιχνίδι να αφορά τις αποκρίσεις του παιχνιδιού στις ενέργειες του παίκτη (Lee κ.ά., 2011).

3.2.8 Δεδομένα

Ως βασικές έννοιες της ΥΣ έχουν αναφερθεί και κάποιες που σχετίζονται με τα δεδομένα (Adams κ.ά., 2019· Barr & Stephenson, 2011). Στις έννοιες της ΥΣ έχει συμπεριληφθεί, έτσι, η συλλογή των δεδομένων, που περιλαμβάνει τόσο την εύρεση πηγών δεδομένων για ένα πρόβλημα, όσο και την ίδια τη διαδικασία της συλλογής τους. Περιλαμβάνεται, ακόμα, η ανάλυση των δεδομένων αυτών, αλλά και η αναπαράστασή τους, που μπορεί στις θετικές επιστήμες να έχει τη μορφή ενός διαγράμματος. Οι Brennan και Resnick (2012) επίσης ανέφεραν τα δεδομένα ως μία από τις έννοιες της ΥΣ και συμπεριέλαβαν σ' αυτές την αποθήκευση, την ανάκτηση και την επικαιροποίηση τιμών που εκχωρούνται σε μια μεταβλητή ή σε μια λίστα, ενώ οι Grover και Pea (2013) συμπεριέλαβαν στις έννοιες της ΥΣ τη συστηματική επεξεργασία της πληροφορίας.

3.2.9 Συγχρονισμός

Τέλος, η έννοια του συγχρονισμού ή παραλληλίας, δηλαδή ακολουθιών οδηγιών που λαμβάνουν χώρα ταυτόχρονα, αποτέλεσε μία από εκείνες της έννοιες που έχουν συμπεριληφθεί στις συνιστώσες της ΥΣ (Adams κ.ά., 2019· Barr & Stephenson, 2011· Brennan & Resnick, 2012· Grover & Pea, 2013). Αναφορά έχει γίνει στη σχετική βιβλιογραφία και σ' εκείνες των συμβάντων, δηλαδή των καταστάσεων στις οποίες ένα συμβάν προκαλεί την πραγματοποίηση ενός άλλου, των βρόχων, μηχανισμών που επιτρέπουν την εκτέλεση της ίδιας ακολουθίας πολλές φορές, αλλά και των τελεστών, που περιλαμβάνουν αριθμητικές πράξεις ή συμβολοσειρές (Brennan & Resnick, 2012· Grover & Pea, 2013).

3.3 Πρακτικές της Υπολογιστικής Σκέψης

3.3.1 Σχεδιασμός, προσαύξηση και επανάληψη

Ο σχεδιασμός ενός έργου δεν αποτελεί μια διαδικασία με αυστηρά καθορισμένη διαδοχή ενεργειών, αλλά μια προσαρμοστική διαδικασία, στην οποία το αρχικό σχέδιο για ένα έργο μπορεί να αλλάξει, ως αποτέλεσμα της οργάνωσης της λύσης (Brennan & Resnick, 2012). Παρατηρήθηκε, λοιπόν, ότι οι μαθητές που σχεδιάζουν και υλοποιούν έργα σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού εμπλέκονται σε αλληπάλληλους κύκλους πειραματισμού και προσαύξησης, στους οποίους αναπτύσσουν ένα μικρό κομμάτι κώδικα, στη συνέχεια το δοκιμάζουν και έπειτα αναπτύσσουν ένα κομμάτι περισσότερο. Κάθε επανάληψη αποτελεί μια χρήσιμη ευκαιρία για ανατροφοδότηση και γι' αυτό η πρακτική αυτή εφαρμόζεται ακόμη και από τους πιο έμπειρους προγραμματιστές, οι οποίοι αποφεύγουν να συντάσσουν μεγάλα τμήματα κώδικα, αλλά συντάσσουν μικρότερα, τα οποία δοκιμάζουν, εκσφαλμάτων και έπειτα συνεχίζουν προς τον τελικό τους στόχο (Grover & Pea, 2018).

3.3.2 Δοκιμή και εκσφαλμάτωση

Κατά την επίλυση του προβλήματος, οι μαθητές συχνά φτάνουν σε μια λύση του που δε μοιάζει με εκείνη που είχαν αρχικά σχεδιάσει, εξαιτίας σφαλμάτων στον κώδικά τους. Σύμφωνα με τον Papert (1980), «τα σφάλματα μας ωφελούν, διότι μας οδηγούν να μελετήσουμε τι συνέβη, και, μέσα απ' αυτή την κατανόηση, να το διορθώσουμε» (σ. 114). Η εκσφαλμάτωση ορίζεται από τους Barnes και Kolling (2002, όπ. αναφ. στο McCauley κ.ά., 2008) ως μια δραστηριότητα κατά την οποία βρίσκουμε το σημείο στο οποίο ακριβώς βρίσκεται το σφάλμα και τον τρόπο για να το διορθώσουμε. Ο εντοπισμός και η επιδιόρθωση των προβλημάτων που εμποδίζουν τη λειτουργία ενός προγράμματος του υπολογιστή με τον

τρόπο που είχε αρχικά σχεδιαστεί συμπεριλήφθηκε από πολλούς ερευνητές στις συνιστώσες της ΥΣ (Adams κ.ά., 2019· Brennan & Resnick, 2012· Grover & Pea, 2013, 2018· College Board, 2017). Άλλωστε, αποτελεί βασικό χαρακτηριστικό της δραστηριότητας του προγραμματισμού, αξιοποιώντας δεξιότητες όπως τη δοκιμή, τον εντοπισμό και τη λογική σκέψη για την πρόβλεψη και την επικύρωση των αποτελεσμάτων (Csizmadia κ.ά., 2015).

Από μια άλλη οπτική, δεδομένου ότι η ΥΣ αποτελεί μια μεθοδολογία επίλυσης προβλημάτων (Barr & Stephenson, 2011· Wing, 2006), η εκσφαλμάτωση θεωρείται ως μια θεμελιώδης δεξιότητά της. Η πρακτική της δοκιμής και της εκσφαλμάτωσης, κατά τους Grover και Pea (2018), ως διαδικασία ανίχνευσης ελαττωμάτων, αποτελεί μέρος οποιασδήποτε διαδικασίας επίλυσης προβλημάτων, όχι μόνο σε υπολογιστικό περιβάλλον, αλλά και στην καθημερινή ζωή. Ως παραδείγματα αναφέρουν την ποσότητα του αλατιού που δοκιμάζει κάποιος να προσθέσει σε ένα πιάτο και τη διόρθωση των κειμένων των ηλεκτρονικών μηνυμάτων που αποστέλλει. Υπό την έννοια αυτή, η δοκιμή και η εκσφαλμάτωση συνδέεται με άλλες διαδικασίες που εμπλέκονται στην επίλυση ενός προβλήματος, όπως είναι η διαδικασία της αξιολόγησης της υπολογιστικής λύσης, η λογική σκέψη και η αφαίρεση για την απομόνωση του προβλήματος και την αποδόμησή του.

3.3.3 Επαναχρησιμοποίηση και διασκευή

Συνήθης πρακτική των έμπειρων προγραμματιστών είναι η δημιουργία νέων προγραμμάτων με την αξιοποίηση υπαρχόντων προγραμμάτων ή ιδεών (Brennan & Resnick, 2012). Η διασκευή μπορεί να οριστεί ως «επαναχρησιμοποίηση και συνδυασμός υπαρχόντων δημιουργικών τεχνουργημάτων (artifacts), συνηθέστερα σε μορφή μουσικής, κινούμενης εικόνας και άλλων διαδραστικών μέσων» (Dasgupta κ.ά., 2016, σ. 1439), προκειμένου να επιτευχθεί ένας νέος στόχος. Σύμφωνα με τον Benkler (2006), η διασκευή αποτελεί «έναν νέο τρόπο παραγωγής που αναδύεται στις περισσότερο οικονομικά προηγμένες χώρες του κόσμου» (σ. 6), καθώς σ' αυτές τα αγαθά και οι υπηρεσίες που σχετίζονται με την πληροφορία κατέχουν μεγάλη αξία.

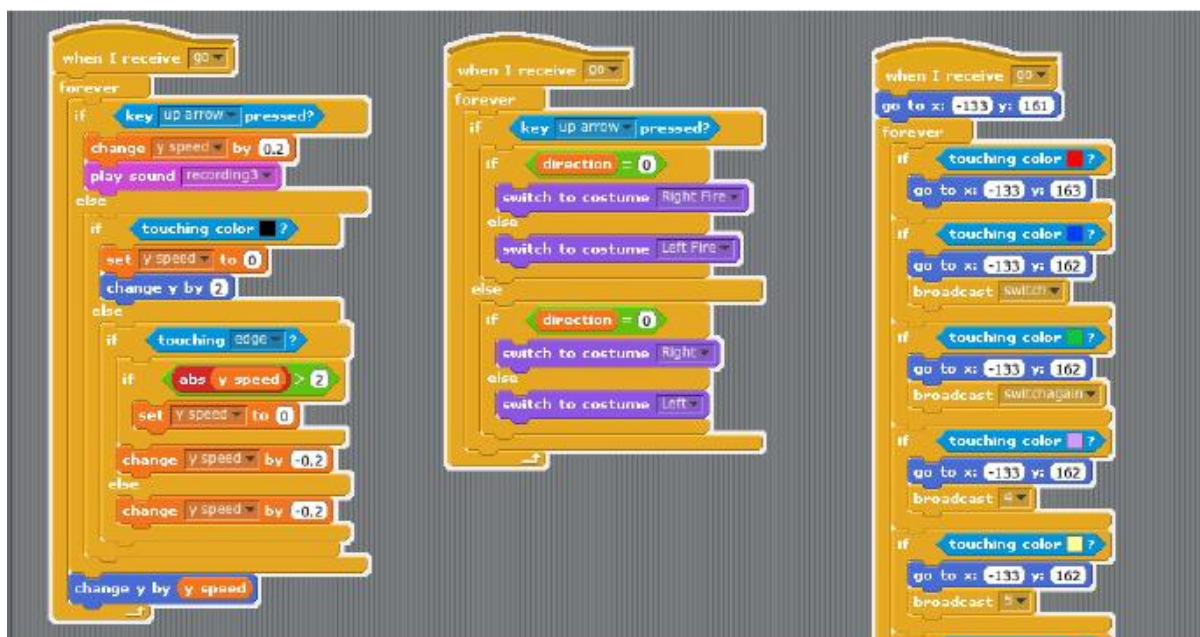
Η ανταλλαγή και η αξιοποίηση ιδεών ανάμεσα σε προγραμματιστές ενισχύθηκε απ' την ανάπτυξη των δικτυακών τεχνολογιών, που παρέχουν εύκολη πρόσβαση σε ένα ευρύ φάσμα έργων άλλων χρηστών, διαθέσιμων για επαναχρησιμοποίηση και διασκευή. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η διαδικτυακή κοινότητα *Stack Overflow* (<http://www.stackoverflow.com>), όπου προγραμματιστές όλων των επιπέδων βοηθούν ο ένας

τον άλλον για την επίλυση προβλημάτων που σχετίζονται με την κωδικοποίηση και τον προγραμματισμό και μοιράζονται δείγματα κώδικα, όπως και η διαδικτυακή κοινότητα του Scratch (<http://www.scratch.mit.edu/discuss/>· βλ. Κεφάλαιο 4.2.2.1), όπου νέοι χρήστες ενθαρρύνονται να επαναχρησιμοποιήσουν έργα άλλων χρηστών και να πάρουν ιδέες για έργα περισσότερο πολύπλοκα σε σχέση με εκείνα που θα δημιουργούσαν αν εργάζονταν απομονωμένοι απ' την κοινότητα.

3.3.4 Αποσύνθεση και τμηματοποίηση του προβλήματος

Ευρύτατης αποδοχής ανάμεσα στους ερευνητές ως πρακτική της ΥΣ, δηλαδή πρακτική που εφαρμόζουν οι επιστήμονες της Πληροφορικής όταν εμπλέκονται σε υπολογιστική επίλυση προβλημάτων, τυγχάνει και η πρακτική της αποσύνθεσης ενός προβλήματος (Adams κ.ά., 2019· Angeli κ.ά., 2016· Barr & Stephenson, 2011· Brennan & Resnick, 2012· Csizmadia κ.ά., 2015· Grover & Pea, 2013, 2018· Guzdial, 2011· NRC, 2011· Selby & Woollard, 2014· The LEGO Group, 2016· Wing, 2006).

Η πρώτη αναφορά της συγκεκριμένης πρακτικής ως βασικής συνιστώσας της ΥΣ έγινε στο περίφημο άρθρο της Wing (2006), όπου τονίστηκε πως η ΥΣ χρησιμοποιεί την αποσύνθεση μαζί με την αφαίρεση όταν έρχεται αντιμέτωπη με ένα μεγάλο και σύνθετο έργο ή σύστημα. Οι Brennan και Resnick (2012), επίσης, έκαναν αναφορά στην πρακτική της αποσύνθεσης του προβλήματος σε συνδυασμό με εκείνη της αφαίρεσης, χαρακτηρίζοντάς την ως τμηματοποίηση. Ως παράδειγμα για την τμηματοποίηση φέρουν τις ενέργειες ενός παιδιού που εργάστηκε στο Scratch κατασκευάζοντας τρία τμήματα κώδικα ενός σεναρίου παιχνιδιού με έναν ήρωα: το πρώτο έλεγχε την κίνηση του ήρωα, το δεύτερο αφορούσε την εξωτερική του εμφάνιση και το τρίτο έλεγχε τα συμβάντα που σχετίζονταν με τα εμπόδια που συναντούσε, όπως τη βαθμολογία που συγκέντρωνε όσο προχωρούσε το σενάριο του παιχνιδιού. Οι Grover και Pea (2013) χρησιμοποίησαν ως ταυτόσημες τις έννοιες της αποσύνθεσης και της τμηματοποίησης, υποστηρίζοντας αργότερα (2018) ότι η ΥΣ απαιτεί όχι μόνο τη δεξιότητα της αποσύνθεσης ενός προβλήματος, αλλά και της σύνθεσης του προβλήματος, αφού τα επιμέρους προβλήματα έχουν αντιμετωπιστεί.



Εικόνα 4. Σύνθετα σύνολα οδηγιών, οργανωμένα με βάση τη λειτουργία τους (Brennan & Resnick, 2012, σ. 9)

Η αποσύνθεση του προβλήματος, λοιπόν, όπως γίνεται αντιληπτό και απ' την ετυμολογία της λέξης, σχετίζεται με έναν τρόπο σκέψης για τα έργα από τη σκοπιά των συστατικών τους στοιχείων. Από τη στιγμή που υιοθετείται αυτή η οπτική, τα επιμέρους τμήματα του έργου είναι δυνατό να γίνουν κατανοητά, να επιλυθούν, να αναπτυχθούν και να αξιολογηθούν ξεχωριστά. Απώτερο στόχο της διαδικασίας αποτελεί η διευκόλυνση της επίλυσης πολύπλοκων προβλημάτων και του σχεδιασμού μεγαλύτερων συστημάτων, αλλά και η καλύτερη κατανόηση εννοιών με τις οποίες οι μαθητές έρχονται σε επαφή για πρώτη φορά (Angeli κ.ά., 2016· Csizmadia κ.ά., 2015). Ως διαδικασία, ακόμα, η αποσύνθεση του προβλήματος μπορεί να οδηγήσει στη γενίκευση, δηλαδή την εύρεση κοινών μοτίβων σε διαφορετικές καταστάσεις και συνθήκες (The LEGO Group, 2016)

Η σημασία της αποσύνθεσης του προβλήματος ως συνιστώσας της ΥΣ είχε επισημανθεί από το πρώτο εργαστήριο του Εθνικού Συμβουλίου Έρευνας των Η.Π.Α και έγινε περισσότερο σαφές στο δεύτερο εργαστήριο, με έμφαση στην παιδαγωγική της διάσταση (NRC, 2010, 2011). Εξειδικεύοντας τη σημασία της με αναφορά στα γνωστικά αντικείμενα, τέλος, οι Barr και Stephenson (2011) επεσήμαναν πως η αποσύνθεση μπορεί να αφορά τον ακριβή προσδιορισμό αντικειμένων, μεθόδων και λειτουργιών (Επιστήμη των Υπολογιστών), την εφαρμογή της προτεραιότητας των πράξεων σε μια αλγεβρική παράσταση (Μαθηματικά),

την κατάταξη των ειδών (Φυσικές επιστήμες) και την περιγραφή των χαρακτηριστικών ενός αντικειμένου (διδασκαλία της Γλώσσας).

3.3.5 Επίλυση προβλημάτων

Η συστηματική βιβλιογραφική επισκόπηση των Popat και Starkey (2019) έδειξε ότι η επίλυση προβλημάτων, ως η δεξιότητα εύρεσης μιας λύσης σε ένα πρόβλημα με το οποίο έρχεται αντιμέτωπος ο μαθητής ή ο μετασχηματισμός μιας αρχικής και μη επιθυμητής κατάστασης σε μια τελική και επιθυμητή κατάσταση (Beecher, 2017), είναι μία από τις πρακτικές της ΥΣ που ασκούνται και βελτιώνονται κατά τη συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες προγραμματισμού. Άλλωστε, όπως φάνηκε στο Κεφάλαιο 2, πολύ συχνά η ΥΣ ορίζεται ως μια διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, ενώ, σύμφωνα με τους Kalelioğlu κ.ά. (2016), η ΥΣ συχνά ταυτίζεται μαζί της. Είναι ανάγκη να διευκρινιστεί, ωστόσο, ότι η επίλυση προβλημάτων είναι μια ευρεία έννοια, καθώς δεν περιορίζεται στην υπολογιστική επίλυση προβλημάτων, κατά την οποία ο μαθητής φτάνει στην επίλυση του προβλήματος μέσα από την παροχή των κατάλληλων εντολών στον υπολογιστή.

Σύμφωνα με τους Yadav κ.ά. (2011), η ένταξη της ΥΣ στην εκπαίδευση «έχει τη δυνατότητα να προωθήσει σημαντικά τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων των μαθητών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης» (σ. 465). Η ΥΣ, ακόμα, θεωρείται πως μπορεί να δώσει τη δυνατότητα στους μαθητές, καθώς επιλύουν προβλήματα, να σκέφτονται με εναλλακτικό τρόπο, δηλαδή να αναλύουν καθημερινά ζητήματα από μια διαφορετική οπτική (Lee κ.ά., 2011). Τα υπολογιστικά μοντέλα, ακόμα, αλλά και οι προσομοιώσεις, που χαρακτηρίζουν την ΥΣ, είναι αρκετά χρήσιμα για τον έλεγχο υποθέσεων και την εύρεση λύσεων σε προβλήματα, καθώς επιτρέπουν γρήγορη, εύκολη και ανέξοδη δοκιμή πολλών διαφορετικών λύσεων πριν από την υλοποίηση κάποιας απ' αυτές (Weintrop κ.ά., 2016). Οι μαθητές, λοιπόν, που έχουν κατακτήσει τη δεξιότητα σχεδιασμού προσομοιώσεων μπορούν να επωφεληθούν στη λύση ενός προβλήματος, εφαρμόζοντας τέτοιου είδους μοντέλα. Μια τέτοια διαδικασία μπορεί να προωθήσει και την ανάπτυξη της βαθιάς κατανόησης μαθηματικών και επιστημονικών εννοιών και φαινομένων (Taub κ.ά., 2015· Wilkerson-Jerde κ.ά., 2015).

Τέλος, σύμφωνα με την Wing (2006, 2008), στόχος της ΥΣ είναι η αναδιαμόρφωση των προβλημάτων με τέτοιο τρόπο, ώστε οι λύσεις τους να μπορούν να εκτελεστούν από ανθρώπους ή υπολογιστικές συσκευές. Τελικός στόχος, επομένως, της εμπλοκής των μαθητών σε διαδικασίες επίλυσης των προβλημάτων στο πλαίσιο της ανάπτυξης της ΥΣ είναι η

εξεύρεση λύσεων μέσα από τη δημιουργία τεχνουργημάτων που αποτελούν προσομοιώσεις ή αλληλεπιδραστικά μοντέλα. Η πραγματοποίηση προσομοιώσεων, όπως για παράδειγμα η δημιουργία της προσομοίωσης της κίνησης του ηλιακού συστήματος, περιλαμβάνεται, κατά τους Barr και Stephenson (2011), στις βασικές συνιστώσες της ΥΣ, ενώ την αξία της είχε επισημάνει και το Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας των ΗΠΑ (NRC, 2010).

3.4 Στάσεις της Υπολογιστικής Σκέψης

Οι ερευνητές θεωρούν ότι πέρα από τις έννοιες και τις πρακτικές, στις οποίες δίνουν μεγάλη έμφαση, την ΥΣ συνιστούν και κάποιες στάσεις, οι οποίες μπορούν να επηρεάζουν τις αντιλήψεις των μαθητών για τον εαυτό τους, τη συμμετοχή τους στις δραστηριότητες και τις στάσεις τους απέναντι στην τεχνολογία. Σύμφωνα με τους Weintrop κ.ά. (2016), σ' αυτές περιλαμβάνεται η εμπιστοσύνη του ατόμου στην ικανότητά του για την αντιμετώπιση πολύπλοκων καταστάσεων, η επιμονή του για την υπέρβαση προβλημάτων που περιλαμβάνουν προκλήσεις και η ικανότητά του για εύρεση λύσεων σε ανοιχτού τύπου προβλήματα.

Ο Woollard (2016, όπ. αναφ. στο Bocconi κ.ά., 2016) υποστήριξε πως η προσπάθεια για επινόηση όχι τόσο συμβατικών λύσεων για την επίλυση ενός προβλήματος, η επιμονή σε όλη αυτή τη διαδικασία με δημιουργική διάθεση, αλλά και η συνεργασία με άλλους για την επίτευξη των στόχων αποτελούν στάσεις που περιλαμβάνονται στην ΥΣ. Αρκετά χρόνια νωρίτερα, οι Barr κ.ά. (2011), είχαν επίσης κάνει λόγο για στάσεις, όπως την εμπιστοσύνη κατά την ενασχόληση με πολύπλοκα προβλήματα, την επιμονή στην εργασία σε δύσκολες καταστάσεις, την ικανότητα χειρισμού της ασάφειας, την ικανότητα αντιμετώπισης προβλημάτων ανοιχτού τύπου και την ικανότητα για αποτελεσματική επικοινωνία και εργασία με άλλους, προκειμένου να επιτευχθεί ένας κοινός στόχος ή μια λύση.

Σύμφωνα με τους Brennan και Resnick (2012), τις στάσεις της ΥΣ συνιστούν η έκφραση, η σύνδεση και η ερώτηση. Δεδομένου ότι ο σύγχρονος άνθρωπος περιβάλλεται από διαδραστικά μέσα που συνηθέστερα χρησιμοποιεί ή καταναλώνει, όπως για παράδειγμα περιηγούμενος σε σελίδες του Διαδικτύου ή των μέσων κοινωνικής δικτύωσης, η ΥΣ πρεσβεύει τη χρήση των νέων τεχνολογιών με τρόπο που θα επιτρέπει την αυτοέκφραση των χρηστών, τοποθετώντας τους στον ρόλο του σχεδιαστή και δημιουργού, παρά του καταναλωτή. Οι μαθητές, ως υπολογιστικοί στοχαστές θα αντιμετωπίζουν τον υπολογισμό ως μέσο έκφρασης των ιδεών τους και δημιουργίας. Έτσι, η σύνδεση, ως θεώρηση της ΥΣ, αφορά

την αναγνώριση της δύναμης της δημιουργίας μαζί με άλλους, αλλά και της προσφοράς μαζί τους. Άλλωστε, η μάθηση συνιστά ένα κοινωνικό φαινόμενο και επομένως οι δραστηριότητες ανάπτυξης της ΥΣ είναι εμπλουτισμένες από αλληλεπιδράσεις με άλλους. Τέλος, η ερώτηση σχετίζεται με την αίσθηση σιγουριάς για την πραγματοποίηση ερωτήσεων σχετικά με τον κόσμο, όπως «Μπορώ, κάνοντας χρήση του υπολογιστή, να θέσω ερωτήσεις για να κατανοήσω τον κόσμο ή τα υπολογιστικά πράγματα σ' αυτόν;» Απώτερος στόχος των ερωτήσεων αυτού του είδους είναι η συνειδητοποίηση από τη μεριά των μαθητών ότι οι τεχνολογικές εξελίξεις δεν είναι τόσο απρόσιτες προς αυτούς. Απεναντίας, έχουν τη δυνατότητα να τις επηρεάζουν.

Το μοντέλο των Adams κ.ά. (2019) συμπεριέλαβε στις στάσεις της ΥΣ την έμφαση στη δημιουργία, την έκφραση του εαυτού, την επικοινωνία και τη συνεργασία με άλλους ανθρώπους που μοιράζονται κοινά ενδιαφέροντα, τη διατύπωση ερωτήσεων, τον αναστοχασμό και τη μεταφορά δεξιοτήτων σε άλλα πλαίσια, όπως είναι για παράδειγμα η μεταφορά της δεξιοτήτας επίλυσης προβλημάτων από το πλαίσιο της υπολογιστικής επίλυσης στο γενικότερο πλαίσιο των προβλημάτων της καθημερινής ζωής και του κόσμου που μας περιβάλλει. Η συνεργασία θεωρείται ως μια πολύ βασική διάσταση του προγραμματισμού, δεδομένου ότι συχνά η δημιουργία ενός προγράμματος μπορεί να ανατεθεί σε περισσότερους του ενός επαγγελματίες προγραμματιστές, ενώ και στη σχολική τάξη συχνά οι μαθητές συμμετέχουν σε ομαδικές δραστηριότητες ή προγραμματίζουν σε ζευγάρια εναλλάσσοντας τους ρόλους τους σε τακτά χρονικά διαστήματα (Grover & Pea, 2018). Άλλωστε, όπως επισημάνθηκε παραπάνω, η συνεργασία μπορεί να παρέχει στους μαθητές πρόσβαση σε πόρους μάθησης μιας κοινότητας, μέσω πραγματοποίησης ερωτήσεων και αξιοποίησης καλών πρακτικών άλλων χρηστών. Τέλος, οι Grover και Pea (2018) αναφέρθηκαν στη συνεργασία και τη δημιουργικότητα, ως συνιστώσες της ΥΣ, αν και τις συμπεριέλαβαν στις πρακτικές της. Η δημιουργικότητα, υποστήριξαν, αποσκοπεί στην ενθάρρυνση της εύρεσης μη συμβατικών προσεγγίσεων (outside the box) για την επίλυση προβλημάτων και στη δημιουργία υπολογιστικών τεχνουργημάτων ως μορφών δημιουργικής έκφρασης, όπως πρεσβεύουν και οι δημιουργοί των περιβαλλόντων προγραμματισμού που βασίζονται σε πλακίδια.

4. Η ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

4.1 Κωδικοποίηση, προγραμματισμός, αλγοριθμική σκέψη και Υπολογιστική Σκέψη

Το 2014 ο πρόεδρος των ΗΠΑ, Barack Obama, συνέταξε την πρώτη του γραμμή κώδικα σε γλώσσα προγραμματισμού *Javascript*, κατασκευάζοντας τελικά ένα πολύ απλό πρόγραμμα που σχεδίαζε ένα τετράγωνο στην οθόνη (Wired, 2014). Η εμπλοκή του στη διαδικασία του προγραμματισμού πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πρωτοβουλίας *Hour of Code* (Ωρα του Κώδικα: <http://hourofcode.com/gr/>) του μη κερδοσκοπικού οργανισμού *Code.org*, στην οποία έλαβαν μέρος περισσότεροι από 100 εκατομμύρια άνθρωποι παγκοσμίως και η οποία έχει ως στόχο τη διάχυση των δεξιοτήτων του προγραμματισμού σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερο πλήθος μαθητών σε όλο τον κόσμο. Το 2013, ακόμα, ο Δήμαρχος της Νέας Υόρκης, Bill de Blasio, εγκαινίασε την πρωτοβουλία *Tech Talent Pipeline* (<http://www.techtalentpipeline.nyc>) για την εξασφάλιση σε όσο το δυνατόν περισσότερα σχολεία πρόσβασης σε δωρεάν υλικό εκμάθησης της Επιστήμης των Υπολογιστών, σχεδιασμένο από την Google.

Ταυτόχρονα, άλλες πρωτοβουλίες έχουν επιδιώξει να εξισορροπήσουν τη μειωμένη αντιπροσώπευση συγκεκριμένων κοινωνικών ομάδων στις αίθουσες διδασκαλίας προγραμματισμού και στις επιχειρήσεις του κλάδου της τεχνολογίας. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο οργανισμός *Black Girls Code* (<http://www.blackgirlscode.com>), που επιδιώκει την αύξηση του αριθμού των έγχρωμων γυναικών στον ψηφιακό χώρο, εστιάζοντας στην επίτευξη πρωτοπορίας στα πεδία του STEM για κορίτσια ηλικίας 7–17 ετών. Απώτερο στόχο του οργανισμού αποτελεί η προσφορά στην αφροαμερικανική νεολαία των δεξιοτήτων που θα της εξασφαλίσουν θέσεις εργασίας στον τομέα των υπολογιστών, αλλά και η εκπαίδευση ενός εκατομμυρίου κοριτσιών μέχρι το 2040. Ένας άλλος μη κερδοσκοπικός οργανισμός, ο *Girls Who Code*, επιδιώκει να αμβλύνει το χάσμα ανάμεσα στα δύο φύλα αναφορικά με την αντιπροσώπευση στον χώρο της τεχνολογίας, με απώτερο στόχο την εξεύρεση λύσεων σε προβλήματα που αντιμετωπίζει ο σημερινός κόσμος. Άλλες εταιρείες, όπως η *Codecademy* (<http://www.codecademy.com>) και η *Wonder Workshop* (<http://www.makewonder.com>) εξασφαλίζουν εκατομμύρια δολάρια από επενδυτές για τη διάδοση του προγραμματισμού σε μεγάλο αριθμό ανθρώπων.

Το έντονο ενδιαφέρον για τον προγραμματισμό υπαγορεύτηκε αφενός από τις προβλέψεις του Γραφείου Στατιστικών Εργασίας ότι η ταχύτερα αυξανόμενη αγορά εργασίας

μέχρι το 2018 θα σχετιζόταν με τους υπολογιστές (Grover & Pea, 2013), αλλά και από το γεγονός ότι από το 2006 η Wing είχε αναφερθεί στα οφέλη του προγραμματισμού για κάθε άνθρωπο. Ωστόσο, κατά την ίδια, η ΥΣ, όπως και ο προγραμματισμός, περιλαμβάνει την παροχή οδηγιών προς μια μηχανή, αλλά δεν περιορίζεται σ' αυτή. Επιπλέον, είναι ανάγκη να επισημανθεί ότι, παρά το γεγονός ότι συχνά οι όροι προγραμματισμός και κωδικοποίηση χρησιμοποιούνται χωρίς διάκριση όταν γίνεται αναφορά στην παροχή οδηγιών προς έναν υπολογιστή, στην πραγματικότητα αναφέρονται σε διαφορετικές διαδικασίες: Ο προγραμματισμός, απ' τη μία, αναφέρεται στην ευρύτερη διαδικασία ανάλυσης ενός προβλήματος, σχεδιασμού μιας λύσης και εφαρμογής της, ενώ η κωδικοποίηση, απ' την άλλη, συνίσταται μόνο στο στάδιο της εφαρμογής της λύσης, η οποία έχει «μεταφραστεί» σε μια γλώσσα προγραμματισμού (Bocconi κ.ά., 2016).

Ο προγραμματισμός, με άλλα λόγια, είναι η διαδικασία μέσα από την οποία ένα άτομο καταφέρνει να παρέχει μια σειρά οδηγιών που θα επικοινωνήσουν, με τον μέγιστο βαθμό ακρίβειας, μια διαδικασία, μια μέθοδο, μια πρακτική ή μια εργασία σε μια μηχανή (Flórez κ.ά., 2017). Οι οδηγίες αυτές, ωστόσο, είναι ανάγκη να κωδικοποιηθούν με τη βοήθεια μιας γλώσσας προγραμματισμού. Ακόμα, οι Flórez κ.ά. (2017) ονόμασαν τον τρόπο για την απόκτηση μιας λύσης μέσα από μια σειρά βημάτων ως αλγοριθμική σκέψη, αν και για τον όρο δεν υπάρχει ένας καθολικά αποδεκτός ορισμός. Η αλγοριθμική σκέψη και οι δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων που μπορούν να αναπτύσσονται κατά τη σχεδίαση αλγόριθμων βρίσκονται στο επίκεντρο της Διδακτικής της Πληροφορικής, ενώ ακόμη και η προτεινόμενη στις μέρες μας αξιοποίηση των ΤΠΕ λαμβάνει χώρα στο εννοιολογικό πλαίσιο της Πληροφορικής (Κόμης & Τζιμογιάννης, 2006). Η τελευταία αποτελεί ταυτόχρονα ένα γνωστικό αντικείμενο, αλλά και ένα εργαλείο για την επίλυση προβλημάτων σε άλλα πεδία.

Όπως, τέλος, φάνηκε στα προηγούμενα κεφάλαια, η ΥΣ αποτελεί έναν αρκετά ευρύ όρο, που περιλαμβάνει τόσο την αλγοριθμική σκέψη, όσο και άλλες έννοιες και πρακτικές, όπως την αφαίρεση, τη γενίκευση, την αποσύνθεση του προβλήματος και την εκσφαλμάτωση. Η ΥΣ, με άλλα λόγια, είναι «κάτι περισσότερο από το να είσαι σε θέση να προγραμματίζεις έναν υπολογιστή, καθώς απαιτεί σκέψη σε πολλαπλά επίπεδα αφαίρεσης» (Wing, 2006, σ. 34). Αφορά, δηλαδή, έναν τρόπο θέασης των καθημερινών καταστάσεων και προβλημάτων που περιλαμβάνει την αξιοποίηση μεθόδων της Επιστήμης των Υπολογιστών και τον «μετασχηματισμό ενός φαινομενικά δύσκολου προβλήματος σε ένα που ήδη γνωρίζουμε πώς να αντιμετωπίσουμε» (Wing, 2006, σ. 1). Μέσα από τη διαδικασία αυτή, οι μαθητές εφοδιάζονται με τα εργαλεία που απαιτούνται για την αντιμετώπιση ενός ευρέος φάσματος

προβλημάτων, που ανήκουν σε διαφορετικά επιστημονικά πεδία και γνωστικά αντικείμενα (Werner, Campe, κ.ά., 2012). Οι μαθητές αποκτούν, δηλαδή, τα εργαλεία με τα οποία θα εξάγουν τη γνώση μέσα από τον μεγάλο όγκο πληροφοριών που δέχονται καθημερινά. Στις μέρες μας, λοιπόν, η ΥΣ θεωρείται πως έχει καθολική εφαρμογή, καθώς συμβάλλει στην ανάπτυξη δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και στην κατανόηση των ορίων της νοημοσύνης του ανθρώπου και της μηχανής.

4.2 Υπολογιστική Σκέψη και προγραμματισμός

4.2.1 Ο προγραμματισμός ως εργαλείο διδασκαλίας της Υπολογιστικής Σκέψης

Η διδασκαλία του προγραμματισμού αποτελεί τη συνηθέστερη προσέγγιση για την ανάπτυξη της ΥΣ. Η παραδοσιακή, παρωχημένη αντίληψη για τη διδασκαλία του προγραμματισμού περιλαμβάνει την έκθεση του μαθητευόμενου σε μια γλώσσα προγραμματισμού, καθώς για πολλά χρόνια ήταν ομόφωνα δεκτή η άποψη ότι η διδασκαλία του μπορούσε να βελτιώσει τον νου (Flórez κ.ά., 2017). Σύντομα, ωστόσο, μετά την έκθεση του μαθητευόμενου στον προγραμματισμό, εκείνος ερχόταν αντιμέτωπος με προκλήσεις, όπως καταστάσεις επίλυσης προβλημάτων, εκσφαλμάτωσης, σχεδιασμού προγραμμάτων και εφαρμογής τους. Ήδη από τα μέσα της δεκαετίας του 1980, εμπειρικές έρευνες και αναφορές από διδάσκοντες προγραμματισμό έδειξαν ότι η διδασκαλία του δεν οδηγεί στην ανάπτυξη ανώτερων δεξιοτήτων της σκέψης και η αποτυχία αυτή, σύμφωνα με τον Sleeman (1986), οφειλόταν είτε στην ίδια τη φύση του προγραμματισμού, είτε στον λανθασμένο τρόπο διδασκαλίας του. Οι Kurland κ.ά. (1986) την ίδια χρονιά επεσήμαναν ότι η διδασκαλία του προγραμματισμού συνιστά μια πολύ δύσκολη διαδικασία. Η διαπίστωσή τους επιβεβαιώνεται και κατά την τρέχουσα δεκαετία (Saeli κ.ά., 2011) και οδηγεί στο συμπέρασμα ότι απαιτείται η αξιοποίηση κατάλληλων μεθόδων και στρατηγικών κατά τη διδασκαλία του, προκειμένου να επιτευχθεί η ανάπτυξη δεξιοτήτων προγραμματισμού και άλλων δεξιοτήτων της σκέψης.

Όπως υποστηρίζεται στις μέρες μας, ο προγραμματισμός είναι ανάγκη να αντιμετωπίζεται ως ένα εργαλείο ανάπτυξης δεξιοτήτων και εννοιών που σχετίζονται με την ΥΣ και την Επιστήμη των Υπολογιστών, όπως της αφαίρεσης, της επίλυσης των προβλημάτων και του αλγοριθμικού τρόπου σκέψης, παρά ως ένα εργαλείο που επιτρέπει την επικοινωνία ανάμεσα στον άνθρωπο και τη μηχανή και σχετίζεται αποκλειστικά με τις δεξιότητες χρήσης που αφορούν τις ΤΠΕ (French Academy of Sciences, 2013). Οι έννοιες, οι πρακτικές και οι στάσεις που περιλαμβάνονται στους πιο σύγχρονους ορισμούς της ΥΣ είναι απαραίτητο να

διέπουν τη φιλοσοφία της διδασκαλίας του προγραμματισμού και με τον τρόπο αυτό οι μαθητές που εκτίθενται στην ΥΣ μέσω του προγραμματισμού να αναπτύσσουν αλγοριθμικό τρόπο σκέψης, δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων, λογική σκέψη και δεξιότητες εκσφαλμάτωσης (Flórez κ.ά., 2017). Οι δεξιότητες αυτές έχουν καθολική εφαρμογή και είναι αποσυνδεδεμένες από την τεχνολογία της εκάστοτε εποχής. Αυτός είναι ο λόγος για τον οποίο συχνά οι άνθρωποι που έχουν κατακτήσει έννοιες των ΤΠΕ κατά τις προηγούμενες δεκαετίες μπορούν να τις εφαρμόσουν ακόμα και με τα τεχνολογικά επιτεύγματα της εποχής μας. Είναι ιδιαίτερα σημαντικό, τέλος, η διδασκαλία θεμελιωδών εννοιών του προγραμματισμού να προτιμάται από την εστιασμένη στις λεπτομέρειες μιας γλώσσας προγραμματισμού διδασκαλία (French Academy of Sciences, 2013). Στην πρώτη περίπτωση, αναπτύσσονται δεξιότητες που σχετίζονται με την ΥΣ, ενώ στη δεύτερη οι γνώσεις που αποκτώνται είναι πιθανό να καταστούν αναποτελεσματικές με το πέρασμα του χρόνου.

Στην καθολική εφαρμοσιμότητα των δεξιοτήτων της ΥΣ που αποκτώνται διαμέσου του προγραμματισμού αναφέρθηκαν οι Piteira και Costa (2012), δίνοντας παραδείγματα δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τον προγραμματισμό και την ΥΣ και αντιστοιχίζοντάς τες με επιστημονικά πεδία. Ενδεικτικά, στον τομέα της Βιολογίας παράδειγμα τέτοιων δραστηριοτήτων αποτελεί η μοντελοποίηση των αλληλεπιδράσεων των πρωτεϊνών, στη Χημεία οι προσομοιώσεις μοριακής δυναμικής, στη Φυσική οι μοντελοποιήσεις αστροφυσικής, στην Ιατρική οι αυτοματισμοί στις χειρουργικές επεμβάσεις, στη Μηχανική τα ζητήματα ρομποτικής και τεχνητής νοημοσύνης, στις Τέχνες η σύνθεση και επεξεργασία της μουσικής και στις Κοινωνικές επιστήμες οι προσομοιώσεις ζητημάτων εξέλιξης του πληθυσμού.

Ο προγραμματισμός απαιτεί την ταυτόχρονη ανάκληση πολλών πληροφοριών και εφαρμογή δεξιοτήτων. Πέρα από τη διαδικασία της κωδικοποίησης, που απαιτεί γνώση του συντακτικού μιας γλώσσας προγραμματισμού, ο άνθρωπος που προγραμματίζει, αναπτύσσει και εφαρμόζει νοητικά μοντέλα για την επίλυση των προβλημάτων, εξασφαλίζοντας ότι η λύση που επιτυγχάνει είναι δυνατό να υλοποιηθεί με τη χρήση της μηχανής (Pane & Myers, 1996). Προκύπτει, έτσι, η ανάγκη για τον μαθητή που ασκείται στον προγραμματισμό να αναπτύξει δεξιότητες ΥΣ, όπως αποσύνθεση του προβλήματος σε μικρότερα και ευκολότερα διαχειρίσιμα τμήματα, αλγοριθμικό τρόπο σκέψης για τον βήμα προς βήμα καθορισμό της λύσης, αξιολόγηση για την εξασφάλιση της αποδοτικότερης από πλευράς πόρων και αποτελεσματικότητας λύσης και κυρίως αφαίρεσης για την απομάκρυνση μη απαραίτητων για την επίλυση στοιχείων των προβλημάτων (Curzon κ.ά., 2014).

Οι Vihavainen κ.ά. (2014) πραγματοποίησαν επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας για να καταλήξουν σε συμπεράσματα σχετικά με τις πιο αποτελεσματικές στρατηγικές διδασκαλίας του προγραμματισμού. Ανάμεσα στα συμπεράσματά τους περιλαμβάνεται η ανάγκη για πραγματοποίηση προσεγγίσεων που θα συνδυάζουν προγραμματισμό σε ζευγάρια και αξιοποίηση πολυμέσων, εργασία σε ομάδες και συνεργατική μάθηση. Απέρριψαν, ακόμα, τη διδασκαλία του προγραμματισμού με διάλεξη και παραδοσιακές προσεγγίσεις σε εργαστήρια υπολογιστών. Έχει, ακόμα, φανεί ότι η έκθεση των μαθητών από το Δημοτικό σχολείο στον αλγοριθμικό τρόπο σκέψης, τις αφαιρέσεις, την αξιολόγηση, την αποσύνθεση και την επίλυση προβλημάτων, αλλά και την εκσφαλμάτωση οδηγεί συνήθως στην ανάπτυξη της κριτικής σκέψης πριν την εισαγωγή στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Flórez κ.ά., 2017).

Έχει φανεί, επομένως, ότι ο υπολογιστικός γραμματισμός, δηλαδή η απόκτηση των δεξιοτήτων που επιτρέπουν τη διεκπεραίωση εργασιών με τη χρήση των ΤΠΕ, σταδιακά δίνει τη θέση του στην ΥΣ, η οποία αναδεικνύεται σε απαραίτητη δεξιότητα για τους πολίτες του 21^{ου} αιώνα (Wing, 2006). Όπως είχαν προβλέψει οι Barr και Stephenson (2011), οι σημερινοί μαθητές ζουν και θα εργαστούν σε ένα κόσμο που διέπεται από τις αρχές της λειτουργίας των υπολογιστών. Δεδομένου, μάλιστα, ότι η ΥΣ βρίσκει εφαρμογή στην πλειονότητα των επιστημονικών κλάδων, άρα και στα προπτυχιακά προγράμματα των πανεπιστημίων, σημαντική είναι η εισαγωγή της στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Qualls & Sherrel, 2010).

Σειρές μαθημάτων για την εισαγωγή των μαθητών στον προγραμματισμό, *CS0* (Computer Science 0) και *CS1* όπως συνηθίζεται να ονομάζονται, συχνά αποτυγχάνουν να οδηγήσουν σε ανάπτυξη αντίστοιχων δεξιοτήτων από τους μαθητές, ακόμα και σε ποσοστό 30% περίπου, όταν κατά τη διδασκαλία αξιοποιούνται αποκλειστικά διαλέξεις και εργαστηριακές ασκήσεις (Bennedsen & Caspersen, 2007). Σύμφωνα με τους Flórez κ.ά. (2017), το πρόβλημα δεν έγκειται στη γλώσσα προγραμματισμού που διδάσκεται κάθε φορά, αλλά στην προσέγγιση που ακολουθεί η διδακτική παρέμβαση για την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών, όπως και στην υποστήριξη που λαμβάνουν οι μαθητές κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας.

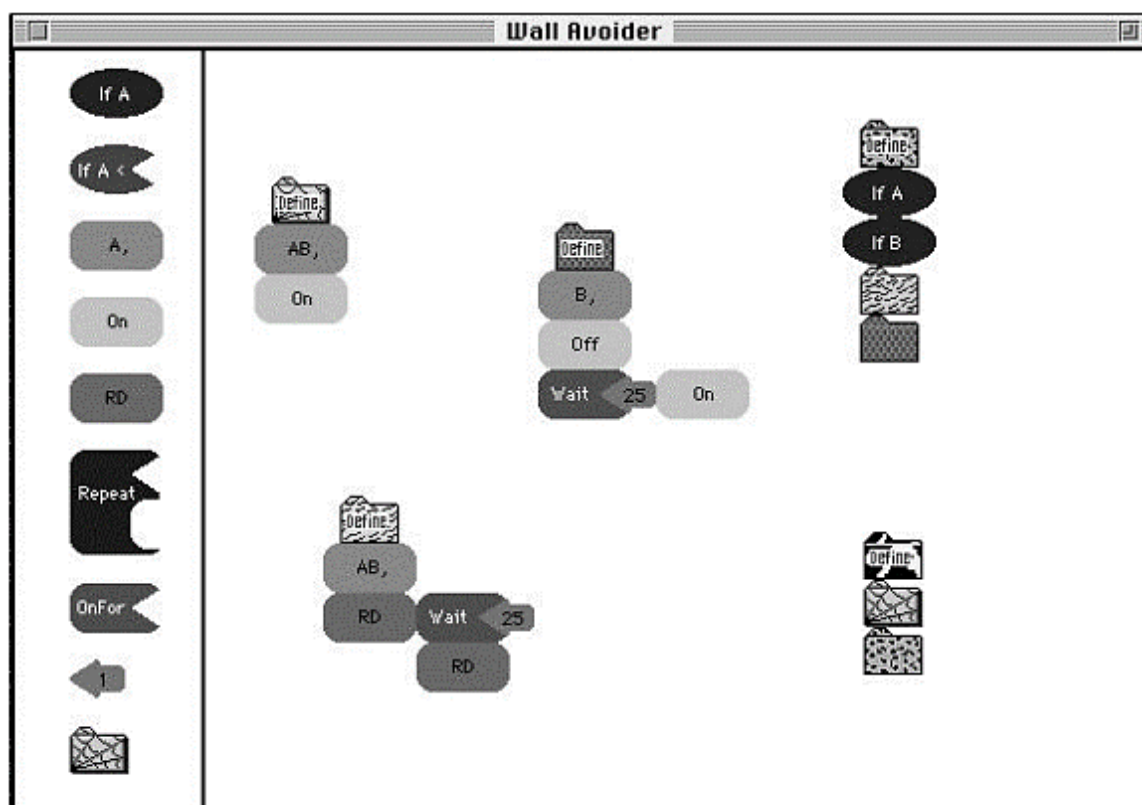
Σύμφωνα με τον Luo (2005), αποτελεσματικές στρατηγικές διδασκαλίας μπορούν να σχεδιάζονται υιοθετώντας αρχές του αντικειμενισμού (objectivism), του γνωστικισμού (cognitivism) και του κονστρουκτιβισμού (constructivism). Κατά τον Ben-Ari (1998), η διδασκαλία της ΥΣ μπορεί να λάβει χώρα μόνο σε ένα πλαίσιο δομημένο με

κονστρουκτιβιστικές αρχές, καθώς το διαφορετικό γνωστικό υπόβαθρο κάθε μαθητή οδηγεί σε κατασκευή γνώσης με διαφορετικό τρόπο. Λαμβάνοντας υπόψη τις θέσεις του, λοιπόν, η διδασκαλία δε θα είχε το επιθυμητό αποτέλεσμα αν οι μαθητές περιορίζονταν στον ρόλο του παθητικού δέκτη πληροφοριών. Αντίθετα, είναι ανάγκη να είναι ενεργοί, με κατασκευή γνώσης που υποστηρίζεται από τον διαμεσολαβητικό ρόλο του διδάσκοντος και την ανατροφοδότηση από τους άλλους μαθητές. Η διδασκαλία του προγραμματισμού σε ένα πλαίσιο που διέπεται από τις αρχές της κονστρουκτιβιστικής μάθησης προκρίνεται ως η κύρια στρατηγική για τη διδασκαλία της ΥΣ στα σχολεία (Hromkovic, 2006· Wing, 2006).

4.2.2 Διδακτικά εργαλεία προγραμματισμού

4.2.2.1 Προγραμματιστικά περιβάλλοντα με πλακίδια (Block-based)

Τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που βασίζονται σε πλακίδια έχουν αξιοποιηθεί σε μεγάλο βαθμό για την εισαγωγή αρχαρίων σε έννοιες και πρακτικές του προγραμματισμού και για τον λόγο αυτό έχουν ενταχθεί στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών διαφόρων χωρών στην πρωτοβάθμια και τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η εργασία του Papert πριν περίπου τριάντα χρόνια ήταν αρκετά πρωτοποριακή, αλλά το προγραμματιστικό περιβάλλον της LOGO δεν έπαυε να βασίζεται σε κείμενο, παρά το γεγονός ότι έδινε οπτική ανατροφοδότηση των αποτελεσμάτων των εντολών (Bocconi κ.ά., 2016). Το πρώτο περιβάλλον το οποίο βασίστηκε σε πλακίδια που μπορεί ο χρήστης να σύρει και να αποθέσει (drag and drop) ήταν το *LogoBlocks*, ως το προγραμματιστικό περιβάλλον για μια πρόωπη μορφή του *Lego Mindstorms*, το *Programmable Brick*. Το *LogoBlocks* αποτέλεσε τον διάδοχο του *BrickLogo*, που ήταν βασισμένο στη LOGO και βασιζόταν σε κείμενο, αλλά και τον πρόγονο του *Scratch*, εισάγοντας την κατασκευή κώδικα μέσω του συνδυασμού πλακιδίων που φέρουν εντολές (βλ. Εικόνα 5). Οι δημιουργοί του το είχαν χαρακτηρίσει ως «διασκεδαστικό και απλό» και φάνηκε πως επέτρεπε στους αρχάριους προγραμματιστές να εκφραστούν, αλλά χωρίς να τους επιτρέπει να κατασκευάσουν αρκετά πολύπλοκα προγράμματα (Begel & Resnick, 1996, σ. 12).

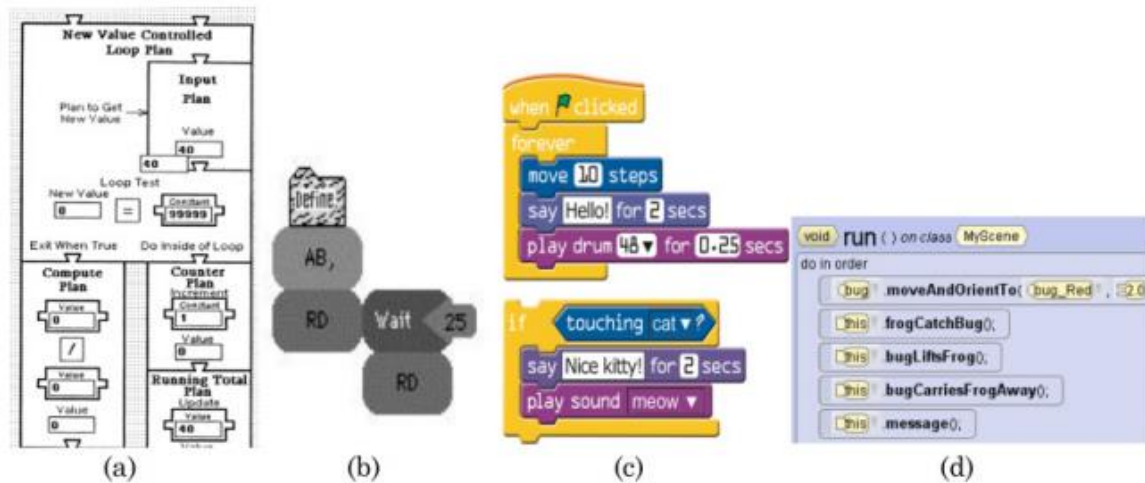


Εικόνα 5. Δείγμα προγράμματος στο περιβάλλον LogoBlocks (Begel & Resnick, 1996, σ. 12)

Η νέα γενιά των λογισμικών προγραμματισμού με πλακίδια περιλαμβάνει κυρίως, πέρα από το Scratch (Resnick κ.ά., 2009), το *Alice* (Cooper κ.ά., 2000), το *App Inventor* (Pokress & Veiga, 2013), το *Blockly* (Fraser, 2015) και το *Snap!* (Harvey & Mönig, 2010). Στα περιβάλλοντα αυτά, ο χρήστης ενώνει μεταξύ τους πλακίδια που φέρουν εντολές, σύροντάς τα από μια περιοχή στην οποία βρίσκονται όλες οι εντολές, σε μια άλλη που είναι η περιοχή της δημιουργίας του κώδικα, με μια διαδικασία που εξασφαλίζει ταχύτητα στην εισαγωγή των εντολών και εύκολο χειρισμό τους. Επιπλέον, χάρη στο σχήμα των πλακιδίων εξασφαλίζεται ότι ασύμβατες μεταξύ τους εντολές δε θα διαδεχθούν η μία την άλλη, καθώς είναι αδύνατο να συνδυαστούν, ενώ και η χρωματική σήμανση των εντολών υποδεικνύει στον χρήστη τους δυνατούς συνδυασμούς πλακιδίων (Maloney κ.ά., 2010).

Ο περιορισμός αυτός στη σύνθεση των προγραμμάτων από τον χρήστη εξασφαλίζει την αποτροπή των συντακτικών λαθών. Τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα αυτού του είδους, έτσι, αποτελούν ένα υποσύνολο της ευρύτερης ομάδας περιβαλλόντων επεξεργασίας κώδικα, των δομημένων συντακτών (Donzeau-Gouge κ.ά., 1984, όπ. αναφ. στο Weintrop & Wilensky, 2017, σ. 3:2), οι οποίοι εξασφαλίζουν ότι μόνο ένας κόμβος μπορεί να προστεθεί στο

Αφηρημένο Συντακτικό Δέντρο (Abstract Syntax Tree· AST) και κατ' αυτόν τον τρόπο αποτρέπουν τα συντακτικά σφάλματα.



Εικόνα 6. Ο προγραμματισμός στα περιβάλλοντα (a) BridgeTalk, (b) LogoBlocks, (c) Scratch και (d) Alice. (Weintrop & Wilensky, 2017, σ. 3:3)

Η εξάλειψη της ανάγκης για τον προγραμματιστή να απομνημονεύει και να ανακαλεί εντολές και συντακτικούς κανόνες και έπειτα να πληκτρολογεί, συγκαταλέγεται στα σημαντικότερα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν τα προγραμματιστικά περιβάλλοντα που βασίζονται σε πλακίδια. Ωστόσο, έχουν διατυπωθεί ενστάσεις αναφορικά με τον βαθμό στον οποίο μπορούν να αξιοποιηθούν για την κατασκευή προγραμμάτων μεγάλης κλίμακας, όπως εκείνων που περιλαμβάνουν πολύπλοκους μαθηματικούς τύπους ή λογικές συναρτήσεις (Weintrop & Wilensky, 2017). Ειδικότερα, σύμφωνα με τους Brown κ.ά. (2015), η εκτέλεση ενός σχετικά μικρού και απλού υπολογισμού, όπως της υποτείνουσας ενός τριγώνου απαιτεί τη συναρμολόγηση οκτώ πλακιδίων, καθένα από τα οποία πρέπει να εντοπιστεί στην αντίστοιχη συλλογή πλακιδίων, να επιλεγεί και να συρθεί στον επεξεργαστή του κώδικα, ενώ σε ένα περιβάλλον προγραμματισμού με κείμενο η καταχώρηση του αντίστοιχου κώδικα θα απαιτούσε μόλις 13 πατήματα πλήκτρων. Επιπλέον, οι ίδιοι ερευνητές συμπέραναν ότι μεγαλύτερα προγράμματα απαιτούν μεγαλύτερη προσπάθεια και περισσότερο χρόνο σε ένα περιβάλλον προγραμματισμού με πλακίδια.

Ορισμένα σύγχρονα περιβάλλοντα προγραμματισμού με πλακίδια ενθαρρύνουν τη μετατροπή του κώδικα που έχει κατασκευαστεί με πλακίδια σε κώδικα κειμένου, ενσωματώνοντας αντίστοιχες δυνατότητες, όπως η *Java Bridge* του Alice (Dann κ.ά., 2012)

και η παραγωγή κώδικα κειμένου που ενσωματώνει το Blockly (Fraser, 2015), ενώ ο επεξεργαστής του περιβάλλοντος *Greenfoot* υιοθετεί μια μικτή προσέγγιση, συνδυάζοντας προγραμματισμό με πλακίδια και κείμενο ταυτόχρονα (Kolling κ.ά., 2015). Δεδομένου ότι τα περιβάλλοντα που βασίζονται σε πλακίδια αξιοποιούνται κυρίως για την εισαγωγή αρχαρίων προγραμματιστών στις έννοιες του προγραμματισμού, η τελευταία προσέγγιση θα μπορούσε να επεκτείνει τη λειτουργικότητα αυτών των περιβαλλόντων και σε περισσότερο προχωρημένους προγραμματιστές (Brown κ.ά., 2015).

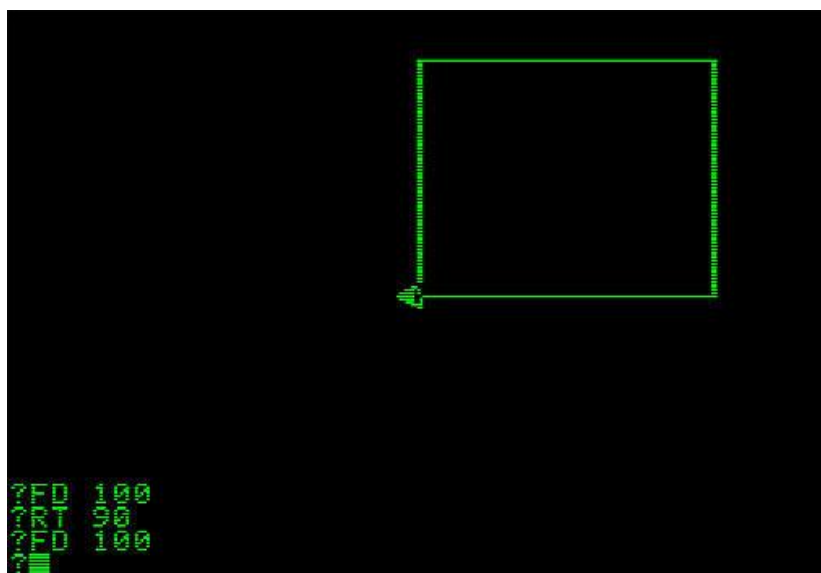
Η έρευνα των Meerbaum-Salant κ.ά. (2010) με 46 μαθητές δύο Γυμνασίων έδειξε ότι τα περιβάλλοντα προγραμματισμού με πλακίδια και ειδικότερα το Scratch θα μπορούσαν να είναι αποτελεσματικά για την εισαγωγή των μαθητών σε σημαντικές έννοιες της Επιστήμης των Υπολογιστών, αν και υπήρχαν κάποια εύκολα αντιμετωπίσιμα προβλήματα με κάποιες έννοιες, όπως τις μεταβλητές, την αρχικοποίηση και τον ταυτοχρονισμό. Επιπλέον, οι έρευνες των Grover κ.ά. (2015, 2016) έδειξαν ότι οι μαθητές 11-14 ετών που εργάζονται σε περιβάλλοντα προγραμματισμού με πλακίδια σημειώνουν σημαντικά μαθησιακά οφέλη στην ανάπτυξη της αλγοριθμικής σκέψης και στην κατανόηση της Επιστήμης των Υπολογιστών ως αυτόνομου κλάδου.

Αρκετά επιτυχημένα, ακόμη, φαίνεται πως είναι τα λογισμικά της κατηγορίας αυτής ως προς την προσέλκυση του ενδιαφέροντος των μαθητών για τον προγραμματισμό, αλλά και ως προς τα θετικά αισθήματα που συνοδεύει τους μαθητές ο προγραμματισμός στο περιβάλλον τους. Στα συμπεράσματα αυτά κατέληξε η έρευνα των Malan και Leitner (2007), στην οποία μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης εργάστηκαν στο Scratch σε θερινά μαθήματα οκτώ εβδομάδων και ανέφεραν πως η ενασχόλησή τους αυτή ήταν ευχάριστη για την εισαγωγή τους στον προγραμματισμό, ενώ βοήθησε και την επακόλουθη εμπειρία τους με τη γλώσσα προγραμματισμού Java. Σε αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξαν και οι Maloney κ.ά. (2008) μετά από ανάλυση περισσότερων των 500 έργων στο Scratch μαθητών ηλικίας 8–18 ετών σε υποβαθμισμένες αστικές περιοχές και σε διάστημα 18 μηνών. Αρκετά διασκεδαστική ήταν η ενασχόληση με τον προγραμματισμό στο Scratch και για τους 21 μαθητές που έλαβαν μέρος στην έρευνα των Wilson και Moffat (2010), καθώς όχι μόνο αρκετά τα παιδιά κατάφεραν να δημιουργήσουν στοιχειώδη προγράμματα πολύ σύντομα, αλλά αποκόμισαν και μια πολύ θετική, αν και αρχική, εμπειρία με τις έννοιες του προγραμματισμού.

Σύμφωνα με τον Parker (2011), οι 15 μαθητές Γυμνασίου με τους οποίους εργάστηκε για μόλις μία εβδομάδα διαμόρφωσαν θετικότερες στάσεις απέναντι στην Επιστήμη των

Υπολογιστών, απολαμβάνοντας όλα τα στάδια της ανάπτυξης ενός ψηφιακού παιχνιδιού. Τέλος, η εμπλοκή με το περιβάλλον προγραμματισμού Alice για την εισαγωγή σπουδαστών τριτοβάθμιας εκπαίδευσης στον προγραμματισμό έδειξε ότι η ενσωμάτωση του περιβάλλοντος αυτού αύξησε τον αριθμό των φοιτητών που εξετάστηκαν επιτυχώς στα σχετικά μαθήματα και μείωσε τον αριθμό εκείνων που δε συνεχίζουν να παρακολουθούν μαθήματα προγραμματισμού, με ταυτόχρονη αύξηση της τάξης του 10% για εκείνους που πραγματοποίησαν εγγραφή σε μάθημα που σχετιζόταν με το περιβάλλον προγραμματισμού Alice (Mullins κ.ά., 2009).

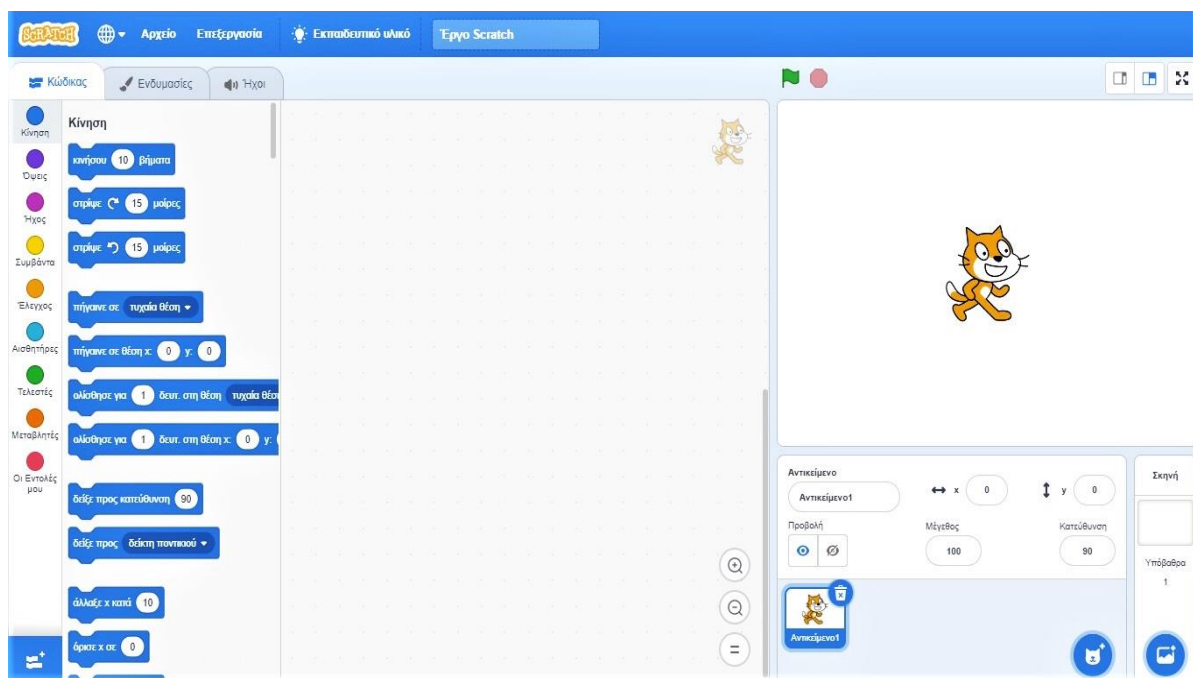
Το Scratch, το οποίο αποτέλεσε το προγραμματιστικό περιβάλλον στο οποίο υλοποιήθηκαν οι δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης της παρούσας διατριβής, άντλησε την έμπνευσή του από τη γλώσσα προγραμματισμού LOGO, που σχεδιάστηκε το 1967 από τον Seymour Papert και τους συνεργάτες του. Οι σχεδιαστές της LOGO οραματίστηκαν κάθε παιδί, ακόμα και προσχολικής ηλικίας, να προγραμματίζει τον υπολογιστή και να έχει τον έλεγχό του, σε αντίθεση με τον υπολογιστή που «προγραμματίζει» το παιδί ως τότε (Papert, 1980, σ. 19).



Εικόνα 7. Το προγραμματιστικό περιβάλλον της LOGO κατά το 1967 (Price, 2015)

Βασισμένο στις κονστрукτιβιστικές ιδέες της LOGO, το περιβάλλον του Scratch προσφέρει τη δυνατότητα στον χρήστη να δημιουργήσει κινούμενα σχέδια, αφηγήσεις, μουσικά βίντεο, παιχνίδια, προσομοιώσεις και έργα που σχετίζονται με τις επιστήμες.

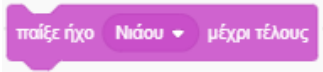

Σύμφωνα με τους δημιουργούς του, το Scratch «είναι ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού που επιτρέπει στους χρήστες να δημιουργούν διαδραστικά, πλούσια σε πολυμέσα έργα (projects)» (Maloney κ.ά., 2010, σ. 1) και αναπτύχθηκε από μια μικρή ομάδα ερευνητών στο MIT Media Lab. Ο αρχικός σχεδιασμός του υποκινήθηκε από τις ανάγκες και το ενδιαφέρον νεαρών ατόμων (8–16 ετών) για ενασχόληση με τους υπολογιστές και τον προγραμματισμό σε ομάδες (clubs) εκτός του υποχρεωτικού σχολικού ωραρίου, αλλά γρήγορα εισήλθε και στο ωρολόγιο, υποχρεωτικό πρόγραμμα αρκετών σχολείων (Maloney κ.ά., 2010). Μέσω του Scratch λαμβάνει χώρα η προετοιμασία για τη δημιουργία των έργων, η δημιουργία τους και η διάχυσή τους, δηλαδή ο διαμοιρασμός τους σε άλλους.



Εικόνα 8. Η διεπιφάνεια χρήσης του Scratch

Η διεπιφάνεια χρήσης έχει σχεδιαστεί με τρόπο που καθιστά την πλοήγηση εύκολη, καθώς υπάρχει μόνο ένα παράθυρο, με πολλά πλαίσια που παραμένουν πάντα ορατά (βλ. Εικόνα 8). Στα αριστερά βρίσκεται το τμήμα των εντολών και στο αριστερό του άκρο συναντά κανείς τα πλήκτρα επιλογής κατηγοριών εντολών. Κάνοντας κλικ σε καθεμία κατηγορία εμφανίζεται μια σειρά από χρωματιστά, αποσπώμενα σχήματα, που θυμίζουν κομμάτια ενός παζλ (blocks· πλακίδια), όπως φαίνεται στον Πίνακα 4.

Πίνακας 4. Οι δέκα κατηγορίες πλακιδίων (blocks)

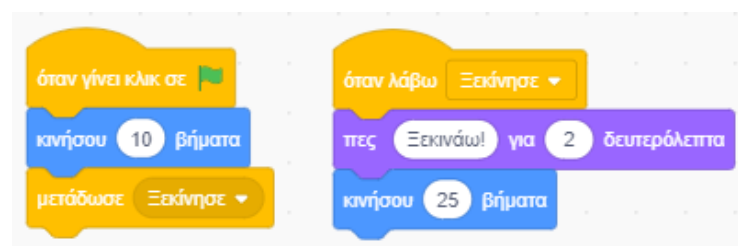
	Πλακίδιο κίνησης: ελέγχει την κίνηση του αντικειμένου
	Πλακίδιο όψης: ελέγχει την εμφάνιση του αντικειμένου
	Πλακίδιο ήχου: ελέγχει τον ήχο του σεναρίου
	Πλακίδιο συμβάντος: εκκινεί την εκτέλεση του σεναρίου
	Πλακίδιο ελέγχου: ελέγχει την εκτέλεση του σεναρίου
	Πλακίδιο αισθητήρα: εντοπίζει διαφορετικούς παράγοντες στο έργο
	Πλακίδιο τελεστή: εκτελεί μαθηματικές και άλλων ειδών λειτουργίες
	Πλακίδιο δεδομένων: εκχωρεί τιμές σε μια μεταβλητή ή διαχειρίζεται τα αντικείμενα που περιλαμβάνονται σε μια λίστα ή πίνακα
	Πλακίδιο άλλων εντολών: επιτρέπει τη δημιουργία νέου πλακιδίου ή τον έλεγχο επεκτάσεων υλικού
	Πλακίδιο σχεδιασμού πέννας: ελέγχει τη λειτουργία πέννας

Πάνω από τις κατηγορίες των πλακιδίων υπάρχουν οι καρτέλες *Κώδικας* (Code), *Ενδυμασίες* (Costumes), και *Ήχοι* (Sounds). Η επιλογή της πρώτης καρτέλας εμφανίζει στο μεσαίο τμήμα της οθόνης την ακολουθία των εντολών για το επιλεγμένο αντικείμενο (sprite), που ως προεπιλογή είναι μια γάτα. Το τμήμα αυτό ονομάζεται *περιοχή σεναρίων* και είναι η περιοχή όπου συντάσσεται ο κώδικας. Η δεύτερη καρτέλα εμφανίζει και επιτρέπει την

επεξεργασία της εμφάνισης (ενδυμασίας) του αντικειμένου ή της εμφάνισης του σκηνικού και η τρίτη καρτέλα εμφανίζει τους ήχους που ανήκουν στο συγκεκριμένο αντικείμενο. Το ανώτερο δεξιό τμήμα της οθόνης είναι το *σκηνικό* (stage), στο οποίο λαμβάνει χώρα η δράση, δηλαδή αποκτά «ζωή» το αντικείμενο. Κάτω από το σκηνικό βρίσκεται η περιοχή στην οποία μπορεί ο χρήστης να επεξεργαστεί τα αντικείμενα και το σκηνικό του έργου.

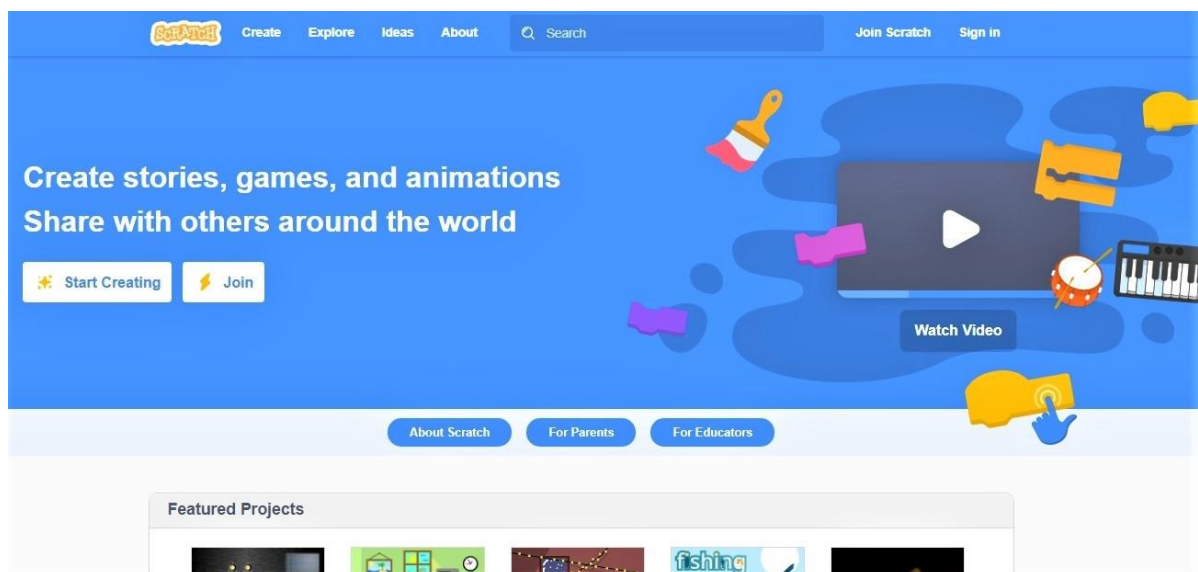
Στην περίπτωση που γίνει κλικ μόνο σε ένα κομμάτι του κώδικα, εμφανίζεται το αποτέλεσμα που επιφέρει μόνο μία εντολή ή ένας μικρό σύνολο εντολών, απλοποιώντας αφενός τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης με έλεγχο των επιμέρους τμημάτων του κώδικα και αφετέρου τη διαδικασία της ανακάλυψης της λειτουργίας κάθε εντολής από τον χρήστη. Η τελευταία λειτουργία βοηθά στην κατανόηση της λειτουργίας κάθε πλακιδίου, χωρίς άμεση διδασκαλία της. Στο περιβάλλον του Scratch, ακόμα, δεν υπάρχουν μηνύματα σφαλμάτων και τα σφάλματα περιορίζονται σε σημαντικό βαθμό, καθώς τα πλακίδια ενώνονται μεταξύ τους μόνο όταν έχει νόημα να γίνει αυτό. Σε κάθε ακολουθία κώδικα, είτε περιέχει σφάλματα είτε όχι, θα υπάρξει κάποιο αποτέλεσμα στο δεξιό τμήμα της οθόνης, εμπλέκοντας τον μαθητή σε μια διαδικασία διερεύνησης του τμήματος του κώδικα που δεν οδήγησε στην αναμενόμενη συμπεριφορά της γάτας.

Τα αντικείμενα επιδεικνύουν μια συγκεκριμένη συμπεριφορά, που υπαγορεύεται από τη σύνταξη του σεναρίου-κώδικα, και ενθυλακώνουν καταστάσεις (encapsulation of states), μέσω των μεταβλητών. Το Scratch, λοιπόν, εντάσσεται στις γλώσσες προγραμματισμού που βασίζονται σε αντικείμενα (object-based), αλλά δε χαρακτηρίζεται από όλα εκείνα τα χαρακτηριστικά του αντικειμενοστραφούς (object-oriented) προγραμματισμού (Maloney κ.ά., 2010). Παρά το γεγονός ότι κάθε αντικείμενο συνοδεύεται από το δικό του σενάριο, η δυνατότητα της *μετάδοσης* (broadcast) επιτρέπει την αποστολή ενός μηνύματος που ενεργοποιεί δέσμες ενεργειών σε ένα άλλο αντικείμενο, όταν στο τελευταίο έχει οριστεί μια συγκεκριμένη συμπεριφορά μετά τη λήψη του συγκεκριμένου μηνύματος (βλ. Εικόνα 9).



Εικόνα 9. Η μετάδοση του μηνύματος και οι δέσμες ενεργειών κατά τη λήψη

Το όραμα του Papert για ένα περιβάλλον μάθησης που θα πρόσφερε τη δυνατότητα στους μαθητευόμενους και στον δάσκαλο-καθοδηγητή να δίνουν «παραστάσεις», μέσα από τις οποίες θα παρουσιάζουν σε ευρύ κοινό όσα έμαθαν (Papert, 1980), γίνεται πράξη μέσα από τη *διαδικτυακή κοινότητα του Scratch* (Scratch online community). Ο διαδικτυακός τόπος της κοινότητας δημιουργήθηκε τον Μάιο του 2007 και αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι του περιβάλλοντος του Scratch. Πέρα από τη δυνατότητα που προσφέρει για δημιουργία νέων έργων, λειτουργεί ως μια μεγάλη βιβλιοθήκη έργων άλλων δημιουργών, τα οποία ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει. Μπορεί, επίσης, να δει να ξεδιπλώνεται μπροστά του ο κώδικάς τους, με δυνατότητα άμεσης επεξεργασίας και εκ νέου εκτέλεσης του διασκευασμένου έργου, αλλά και να επικοινωνήσει με τον δημιουργό του. Τα επίσημα στατιστικά της, τέλος, δείχνουν ότι τον Μάρτιο του 2021 περιελάμβανε στο σύνολό της 72.284.998 έργα 68.038.205 εγγεγραμμένων χρηστών, ενώ μόνο τον Φεβρουάριο του ίδιου έτους δημιουργήθηκαν 2.411.945 νέα έργα και έκαναν εγγραφή 1.589.827 χρήστες (<http://www.scratch.mit.edu/statistics/>).



Εικόνα 10. Η ιστοσελίδα της διαδικτυακής κοινότητας του Scratch

4.2.2.2 Προγραμματιστικά περιβάλλοντα κειμένου (Text-based)

Τα «παραδοσιακά», ωστόσο, περιβάλλοντα προγραμματισμού είναι εκείνα που βασίζονται σε κείμενο και απαιτούν από τον προγραμματιστή να πληκτρολογήσει τις εντολές του αλγόριθμου, επιδεικνύοντας ιδιαίτερη προσοχή στη σύνταξή τους (Moreno-León κ.ά., 2018). Η γλώσσα προγραμματισμού LOGO αποτελεί παράδειγμα γλώσσας αυτής της κατηγορίας και κυριάρχησε στην εκπαίδευση για αρκετές δεκαετίες, ενώ άλλες γλώσσες,

συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες από επαγγελματίες προγραμματιστές είναι η C, η Java και η Python. Στην κατηγορία αυτή των γλωσσών προγραμματισμού υπάρχουν, με άλλα λόγια, πολλά παγκοσμίως αποδεκτά πρότυπα (Laurson κ.ά., 2009).

Σημαντικό μειονέκτημα των προγραμματιστικών περιβαλλόντων κειμένου θεωρείται το γεγονός ότι απαιτούν από τον χρήστη να ελέγχει έναν μεγάλο αριθμό εννοιών, που συχνά δε σχετίζονται με το πρόβλημα το οποίο θέλει να επιλύσει, αλλά αντίθετα με τις τεχνικές λεπτομέρειες της χρησιμοποιούμενης γλώσσας προγραμματισμού, όπως για παράδειγμα τους συντακτικούς της κανόνες (Leitão κ.ά., 2012). Τις λεπτομέρειες αυτές, μάλιστα, είναι ανάγκη να τις απομνημονεύει ή να ανατρέχει κατά τη διαδικασία του προγραμματισμού σε έναν οδηγό που τις επεξηγεί. Με άλλα λόγια, ένα τέτοιο περιβάλλον απαιτεί εξαρχής την εισαγωγή μιας θεωρητικής γνώσης προγραμματισμού (Celani & Verzola Vaz, 2012). Ωστόσο, όταν πρόκειται για περισσότερο πολύπλοκες δομές προγραμματισμού, όπως είναι οι βρόχοι και η αναδρομή, φαίνεται πως είναι περισσότερο συμπαγείς σε σύγκριση με τα περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού (Laurson κ.ά., 2009).

```
1 public class Flip {  
2  
3     public static void main(String[] args) {  
4  
5  
6         if (Math.random() < 0.5) System.out.println("Heads");  
7         else System.out.println("Tails");  
8     }  
9 }  
10
```

Εικόνα 11. Αλγόριθμος προσομοίωσης ρίψης νομίσματος σε γλώσσα προγραμματισμού Java

Στα μειονεκτήματα των περιβαλλόντων προγραμματισμού που βασίζονται σε κείμενο συγκαταλέγεται και η έλλειψη ανατροφοδότησης προς τον χρήστη κατά τη διαδικασία του προγραμματισμού. Τα περιβάλλοντα αυτά μειονεκτούν σε σύγκριση με τα περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού, καθώς στα τελευταία η επίδραση καθεμίας εντολής μπορεί να οπτικοποιηθεί, τα σφάλματα μπορούν να ανιχνευθούν με μεγαλύτερη ευκολία και η ανάπτυξη του προγράμματος μπορεί να πραγματοποιηθεί σταδιακά, δεδομένου ότι κάθε στοιχείο που προστίθεται στο πρόγραμμα μπορεί αμέσως να δοκιμαστεί ως προς τη λειτουργικότητά του (Leitão κ.ά., 2012).

Σύμφωνα με την Lewis (2010), μια γλώσσα προγραμματισμού που βασίζεται σε κείμενο μπορεί να αποδειχτεί εξίσου αποτελεσματική για την διδασκαλία εννοιών του προγραμματισμού συγκριτικά με ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού. Ειδικότερα, από τους 50 μαθητές έκτης τάξης Δημοτικού που έλαβαν μέρος στην έρευνά της, εκείνοι που προγραμματίσαν με κείμενο εξέφρασαν μεγαλύτερη εμπιστοσύνη στην ικανότητά τους να προγραμματίζουν και μεγαλύτερη πρόθεση να συνεχίσουν να ασχολούνται με τον προγραμματισμό σε σχέση με εκείνους που εργάστηκαν σε περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού, ενώ ελάχιστες διαφορές παρατηρήθηκαν μεταξύ των επιδόσεων των δύο υποομάδων του δείγματος στην κατανόηση των προγραμματιστικών εννοιών. Σε αντίστοιχα συμπεράσματα κατέληξε και η έρευνα των Price και Barnes (2015), όπου η σύγκριση δύο ομάδων αρχαρίων προγραμματιστών με παρόμοια χαρακτηριστικά έδειξε ότι ένα προγραμματιστικό περιβάλλον κειμένου είναι εξίσου αποτελεσματικό για τη διδασκαλία εννοιών του προγραμματισμού σε σύγκριση με ένα άλλο που βασίζεται σε πλακίδια. Ωστόσο, παρατηρήθηκε ότι οι χρήστες που εργάστηκαν με πλακίδια ολοκλήρωσαν τις δραστηριότητές τους σε μικρότερο χρόνο σε σύγκριση με την ομάδα ελέγχου του δείγματος.

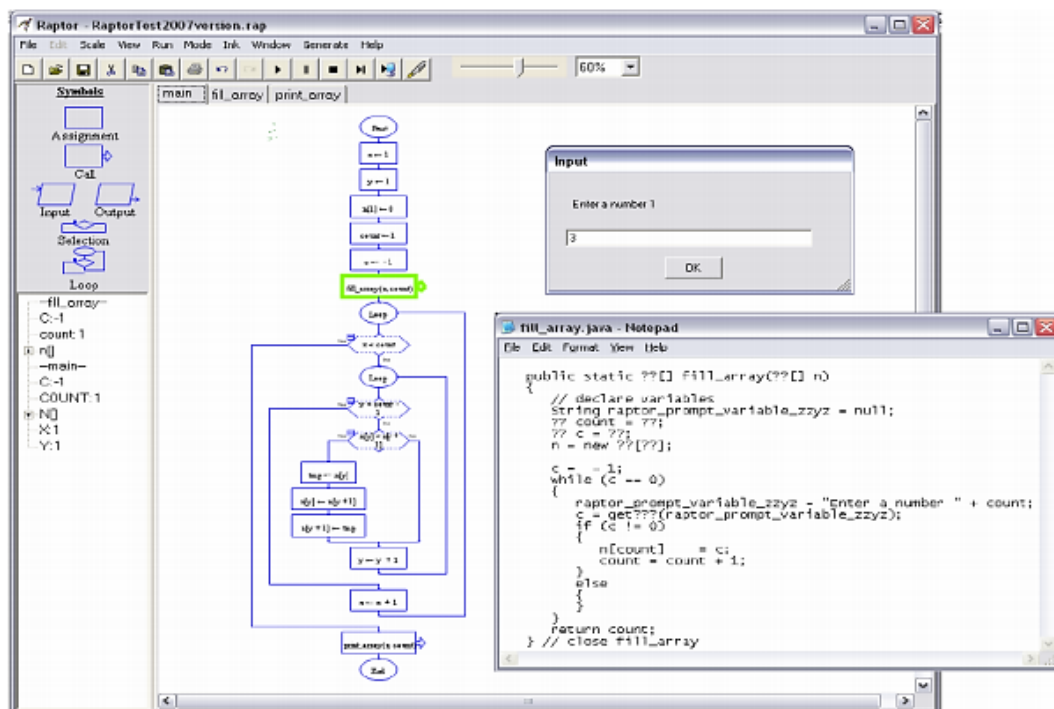
Αντικείμενο προβληματισμού έχει αποτελέσει η μετάβαση σε ένα προγραμματιστικό περιβάλλον κειμένου, όταν οι προηγούμενες εμπειρίες των μαθητών υπήρξαν σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού. Οι Armoni κ.ά. (2015) διερεύνησαν τη μετάβαση 120 μαθητών ηλικίας 15–16 ετών από ένα οπτικό περιβάλλον προγραμματισμού σε ένα περιβάλλον κειμένου. Μετά από έναν χρόνο συλλογής δεδομένων διαπίστωσαν ότι οι γνώσεις για τις έννοιες του προγραμματισμού και οι αντίστοιχες δεξιότητες που αποκτήθηκαν από τους μαθητές που συμμετείχαν στις δραστηριότητες του Scratch διευκόλυναν σε μεγάλο βαθμό τη μετάβαση σε περισσότερο απαιτητικές δραστηριότητες και υλικό. Ειδικότερα, φάνηκε πως χρειάστηκε μικρότερος χρόνος για τους μαθητές αυτούς να κατανοήσουν νέα θέματα που σχετίζονταν με την Επιστήμη των Υπολογιστών, δηλώνοντας επίσης υψηλότερα επίπεδα αυτοαποτελεσματικότητας στον προγραμματισμό.

Τα παραπάνω ευρήματα, ωστόσο, δεν επιβεβαιώθηκαν από την έρευνα των Powers κ.ά. (2007), καθώς φάνηκε ότι η προηγούμενη ενασχόληση με ένα λογισμικό οπτικού προγραμματισμού μπορεί να οδηγήσει τους μαθητές να θεωρήσουν πως η ενασχόλησή τους αυτή δε συνιστά «γνήσιο» προγραμματισμό, αλλά είναι μόνο μια παιγνιώδης δραστηριότητα. Οι μαθητές της έρευνας, έτσι, αντιμετώπισαν προβλήματα στη μετάβαση στον προγραμματισμό με κείμενο, εκδηλώνοντας δυσκολίες κυρίως στο ζήτημα της ακρίβειας στη

σύνταξη των εντολών με κείμενο, έχοντας χρησιμοποιήσει για καιρό μόνο έτοιμα πλακίδια εντολών για τη σύνταξη κώδικα.

4.2.2.3 Προγραμματιστικά περιβάλλοντα διαγραμμάτων ροής (Flowchart/ Arrow-based)

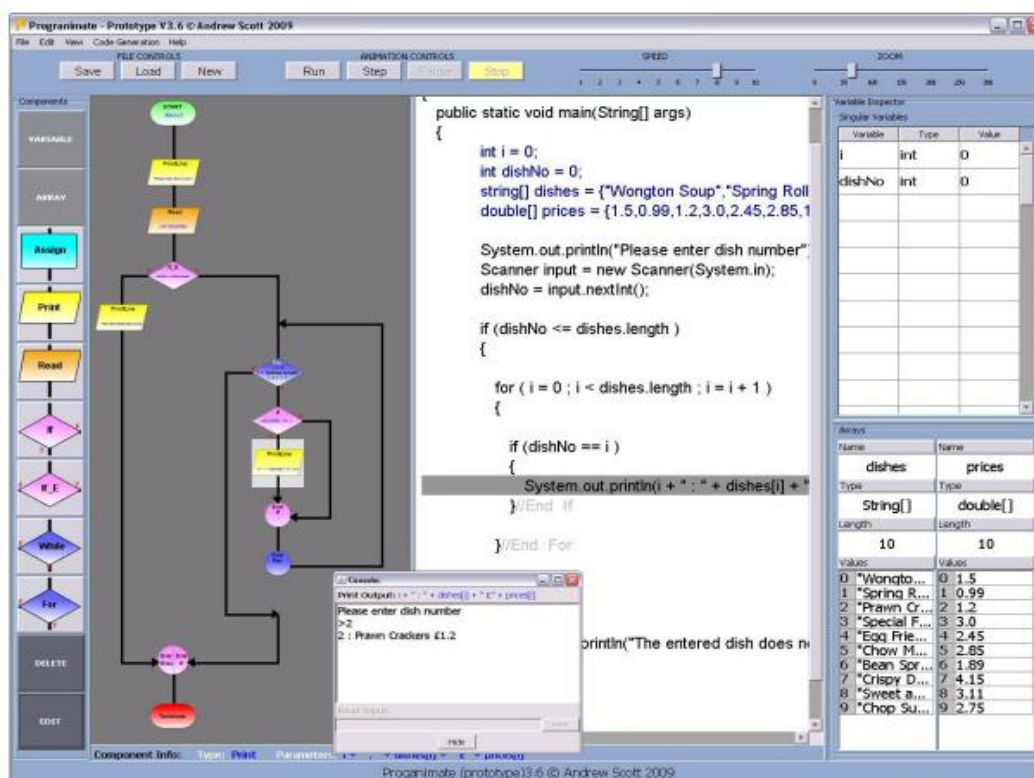
Προγραμματισμός σε ψηφιακό περιβάλλον μπορεί να λάβει χώρα, επίσης, χωρίς τη γνώση κάποιας γλώσσας προγραμματισμού. Στις περιπτώσεις αυτές, τα περιβάλλοντα περιλαμβάνουν βέλη ή σχήματα για τον προγραμματισμό μιας ακολουθίας εντολών και χαρακτηρίζονται από μεγάλη ευχρηστία, προκειμένου να μπορούν να εργαστούν σ' αυτά ακόμη και μικρά παιδιά, που δεν έχουν κατακτήσει τη δεξιότητα της ανάγνωσης (Moreno-León κ.ά., 2018). Στα περιβάλλοντα αυτής της κατηγορίας οι τύποι των δεδομένων, οι μεταβλητές και οι δομές ελέγχου αντιπροσωπεύονται από διάφορα σχήματα, ενώ βέλη, γραμμές ή τόξα υποδεικνύουν τις μεταξύ τους σχέσεις, όπως φαίνεται στην Εικόνα 12.



Εικόνα 12. Το προγραμματιστικό περιβάλλον διαγραμμάτων ροής Raptor (Hooshyar κ.ά., 2015, σ. 33)

Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα που προσφέρουν στον χρήστη και ειδικότερα στον αρχάριο προγραμματιστή συγκαταλέγεται η ελκυστική προσέγγιση των αλγόριθμων και των

προγραμματιστικών εννοιών μέσα από τη χρήση εικόνων, η ευκολία για τον εκπαιδευόμενο να πειραματιστεί με διάφορες δομές παρατηρώντας άμεσα τα αποτελέσματά τους και η κατά συνέπεια ευκολότερη εκσφαλμάτωση των προγραμμάτων (Bergin κ.ά., 1996). Παρά το γεγονός ότι τα περιβάλλοντα που βασίζονται σε διαγράμματα ροής (flowchart-based) και βέλη (arrow-based) έχουν αξιοποιηθεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες και αποδείχθηκαν πολύ αποτελεσματικά για την εκμάθηση εννοιών και δεξιοτήτων του προγραμματισμού από αρχάριους προγραμματιστές, σταδιακά εγκαταλείφθηκαν. Βασική αιτία για την εγκατάλειψή τους υπήρξε η δυσκολία στη διαδικασία σχεδιασμού και τροποποίησης του κώδικα με μολύβι πάνω σε χαρτί από τους εκπαιδευόμενους (Hall, 2007). Ωστόσο, το ενδιαφέρον για τα περιβάλλοντα αυτού του είδους σταδιακά αναθερμάνθηκε, χάρη στα νέα, ψηφιακά περιβάλλοντα αυτής της κατηγορίας που αναπτύχθηκαν και κατέργησαν τη στατικότητα των διαγραμμάτων ροής του παρελθόντος. Ανάμεσα στις δυνατότητές τους, συχνά περιλαμβάνεται η ταυτόχρονη με την κατασκευή κώδικα σε διάγραμμα ροής κατασκευή του αντίστοιχου κώδικα σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού (βλ. Εικόνα 13).



Εικόνα 13. Το Προγραμματιστικό περιβάλλον διαγραμμάτων ροής Progranimate με ταυτόχρονη κατασκευή κώδικα σε άλλες γλώσσες προγραμματισμού (Hooshyar κ.ά., 2015, σ. 45)

Χαρακτηριστικά παραδείγματα σύγχρονων περιβαλλόντων προγραμματισμού που βασίζονται σε διαγράμματα ροής αποτελούν τα *AlgoBuild*, *Progranimate* και *Raptor*. Η αρχική έκδοση του *AlgoBuild* (<http://www.algobuild.com>) αναπτύχθηκε το 2011 και συνεχώς βελτιώνεται, καθώς οι τελευταίες τροποποιήσεις στο κώδικά του πραγματοποιήθηκαν το καλοκαίρι του 2017. Ως περιβάλλον προγραμματισμού επιτρέπει την υλοποίηση προγραμμάτων τόσο γραφικά όσο και με τη σύνταξη κειμένου. Ανάμεσα στα πλεονεκτήματά του, οι σπουδαστές και οι εκπαιδευτικοί που το χρησιμοποίησαν αναφέρουν την ευκολία στη χρήση, τον γρήγορο ρυθμό εργασίας και τον σύντομο χρόνο στον οποίο μαθαίνουν να προγραμματίζουν (<http://algobuild.com/en/info.html>).

Το RAPTOR, σύμφωνα με τους δημιουργούς του (<http://raptor.martincarlisle.com>), κατά τα τελευταία χρόνια αξιοποιείται από 17 χώρες για την εκπαίδευση στην Επιστήμη των Υπολογιστών. Το περιβάλλον αυτό χρησιμοποιήθηκε για τρία συνεχόμενα εξάμηνα κατά τη διάρκεια του ακαδημαϊκού έτους 2003–2004 για την εισαγωγή στην Πληροφορική σε σπουδαστές της Αμερικανικής Ακαδημίας Αεροπορίας (US Air Force Academy) και φαίνεται ότι οδήγησε σε ανάπτυξη των δεξιοτήτων τους για την επίλυση προβλημάτων (Carlisle, 2004· Carlisle κ.ά., 2005).

Τέλος, το *Progranimate* (www.progranimate.com) διαθέτει σχεδιασμό που ελαχιστοποιεί ακόμη περισσότερο τις επιπτώσεις των λαθών στη σύνταξη του κώδικα και επιτρέπει στους χρήστες να επικεντρώνονται στον αλγοριθμικό χαρακτήρα του προγραμματισμού, χρησιμοποιώντας διαγράμματα ροής. Μελέτες με μαθητές Γυμνασίου και φοιτητές Πανεπιστημίων έδειξαν ότι μπορεί να βοηθήσει αποτελεσματικά στην εκμάθηση των δεξιοτήτων του προγραμματισμού (Scott κ.ά., 2008a, 2008b).

4.2.3 Διδακτικές προσεγγίσεις ΥΣ σε προγραμματιστικό περιβάλλον

4.2.3.1 Δημιουργία ψηφιακών παιχνιδιών

Μια από τις πιο συχνά αξιοποιούμενες προσεγγίσεις που εφαρμόζονται για την ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ αφορά τη δημιουργία ψηφιακών παιχνιδιών. Η παιδαγωγική στρατηγική της δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών έχει ως θεωρητική βάση τη θεωρία του Dewey (1938) για την εμπειρική διαδικασία της μάθησης, δηλαδή της εκμάθησης «στην πράξη». Επίσης, η στρατηγική βασίζεται στην υπόθεση ότι η κατασκευή τεχνουργημάτων μπορεί να εμπλέξει τους μαθητές σε μια διαδικασία αναδιατύπωσης της κατανόησής τους για κάποιο θέμα και αναστοχασμού όχι μόνο για το ίδιο θέμα, αλλά και για τις δικές τους

κατασκευές-τεχνουργήματα που σχετίζονται μ' αυτό (Kafai, 2006). Θέματα που αφορούν την αλληλεπίδραση των μαθητών με τον υπολογιστή έχουν αξιοποιηθεί κατά το πρόσφατο παρελθόν για την προσέλκυση των μαθητών στην επιστήμη της Πληροφορικής. Ωστόσο, αποκτούν μεγαλύτερο ενδιαφέρον στις μέρες μας, καθώς παρατηρείται καθημερινή συμμετοχή των μαθητών σε αλληλεπιδραστικά περιβάλλοντα, εξαιτίας της ευρείας διάδοσης των τεχνολογικών μέσων στην καθημερινή ζωή.

Το περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Scratch έχει αποτελέσει ένα σύνθηδες διδακτικό εργαλείο για τη συμμετοχή των μαθητών κάθε ηλικίας και επιπέδου κατάκτησης δεξιοτήτων χρήσης υπολογιστή στη διαδικασία της δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών. Παρά τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζει το περιβάλλον αυτό (βλ. Κεφάλαιο 4.2.2.1), δυσκολίες υφίστανται στη διαδικασία της αξιολόγησης των τελικών προϊόντων, δηλαδή των τεχνουργημάτων που προκύπτουν. Ανάμεσα στις πρακτικές που έχουν εφαρμοστεί για την αξιολόγηση των τελευταίων συγκαταλέγονται ποιοτικές προσεγγίσεις, όπως εφαρμογές εθνογραφίας ή συμμετοχικής παρατήρησης, αλλά και εφαρμογές λογισμικών ανάλυσης του κώδικα, μέσα από τις οποίες πραγματοποιείται δομική ανάλυση του κώδικα και διαπιστώνεται η συχνότητα χρήσης συγκεκριμένων εντολών προγραμματισμού (Moreno-León κ.ά., 2015, 2016· Wolz, Hallberg, κ.ά., 2011). Επιπλέον, μια μελέτη περίπτωσης 12 εβδομάδων που συμπεριέλαβε δραστηριότητες κλιμακούμενης δυσκολίας για τη δημιουργία ψηφιακών τεχνουργημάτων με χαρακτηριστικά ψηφιακών παιχνιδιών στο Scratch έδειξε ότι η αξιοποίηση ενός αυτο-οργανούμενου χάρτη (Self Organizing Map· SOM), που αποτελεί ένα τεχνητό νευρωνικό δίκτυο, είναι δυνατό να συμβάλει στη διερεύνηση των διαδικασιών που ακολουθούνται από τους μαθητές κατά τον προγραμματισμό ψηφιακών παιχνιδιών (de Souza κ.ά., 2019).

Από τις αρχές της προηγούμενης δεκαετίας, οι ερευνητές Repenning κ.ά. (2010) είχαν αναφερθεί στον σχεδιασμό ψηφιακών παιχνιδιών ως μια προσέγγιση για την ενίσχυση του ενδιαφέροντος των μαθητών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης για την Επιστήμη των Υπολογιστών. Μακροπρόθεσμος στόχος της πρωτοβουλίας τους ήταν η κατάρτιση ενός προγράμματος σπουδών με πυρήνα τη δημιουργία των παιχνιδιών, συνδυάζοντας ταυτόχρονα τα υφιστάμενα μοντέλα της ΥΣ. Αρχικά, από το 2009, εφάρμοσαν το πρόγραμμα *iDREAMS*, το οποίο εξέτασε τον τρόπο με τον οποίο διαστάσεις της ΥΣ θα μπορούσαν να επαναφέρουν το ενδιαφέρον των μαθητών για την Επιστήμη των Υπολογιστών μέσα από τον σχεδιασμό παιχνιδιών και άλλες εμπειρίες προγραμματισμού. Στη συνέχεια, το 2010, άρχισαν να εφαρμόζουν το ερευνητικό πρόγραμμα *Scalable Game Design*, για τη διερεύνηση νέων

στρατηγικών με τις οποίες ο σχεδιασμός και ο προγραμματισμός ψηφιακών παιχνιδιών θα μπορούσε να επεκταθεί στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης.

Το πρόγραμμα Scalable Game Design ξεκίνησε να εφαρμόζεται με μαθητές Γυμνασίου, καθώς, σύμφωνα με τους ερευνητές, συχνά οι μαθητές αυτής της ηλικίας δήλωναν μη ικανοί να επιτύχουν στην επιστήμη των Μαθηματικών και θεωρούσαν ότι η Πληροφορική και οτιδήποτε σχετίζεται με τον προγραμματισμό είναι δύσκολο και ανιαρό (Repennning κ.ά., 2010). Μέσω του προγράμματος, ακόμα, επιδιώχθηκε να ενισχυθεί η συμμετοχή των μειονοτήτων και των γυναικών της αμερικανικής κοινωνίας στις δραστηριότητες προγραμματισμού και η έρευνα για την ΥΣ. Ο σύντομος χρόνος για την ολοκλήρωση των έργων των μαθητών, η επίτευξη περίπλοκου αποτελέσματος, η παροχή οδηγιών στους μαθητές με τη μορφή βημάτων, η δυνατότητα μεταφοράς των κατακτηθέντων δεξιοτήτων σε άλλο πλαίσιο, η υποστήριξη της ισότητας μεταξύ φύλων και εθνικοτήτων, αλλά και η επίτευξη βιωσιμότητας για το υπό κατασκευή πρόγραμμα σπουδών αποτέλεσαν βασικές αρχές σχεδιασμού των παιχνιδιών. Δύο χρόνια μετά την έναρξη εφαρμογής του προγράμματος, αυτό αποτέλεσε τη μεγαλύτερη αμερικανική μελέτη για την εκπαίδευση στην Επιστήμη των Υπολογιστών στο επίπεδο της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης σε απομακρυσμένες αγροτικές περιοχές και στις κοινότητες των ιθαγενών Αμερικανών, απαριθμώντας περισσότερους από 10.000 μαθητές και εξασφαλίζοντας χρηματοδότηση από το Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών των ΗΠΑ και την Google (Webb κ.ά., 2012).

Στον προγραμματισμό ψηφιακών παιχνιδιών στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού *Stagecast Creator* ασκήθηκαν και οι 59 μαθήτριες Γυμνασίου της έρευνας των Denner κ.ά. (2012), εργαζόμενες κυρίως σε ζεύγη. Οι δραστηριότητες προγραμματισμού έλαβαν χώρα μετά τη λήξη του υποχρεωτικού σχολικού προγράμματος για περίπου πέντε εβδομάδες και μία ή δύο ώρες στην καθεμία. Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι ο προγραμματισμός ψηφιακών παιχνιδιών μπορεί να δώσει την ευκαιρία στους μαθητές να αναπτύξουν συνιστώσες της ΥΣ και να ενισχύσει τις μελλοντικές τους σπουδές στην Επιστήμη των Υπολογιστών. Επίσης, φάνηκε πως οι μαθήτριες που είχαν μικρότερη πείρα στον προγραμματισμό χρειάστηκαν μεγαλύτερη υποστήριξη για την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων, την εκσφαλμάτωση των προγραμμάτων τους και την κατασκευή περισσότερο πολύπλοκων προγραμμάτων. Αναφορικά με συγκεκριμένες συνιστώσες της ΥΣ, φάνηκε πως οι μαθήτριες αντιμετώπισαν δυσκολία στην αποσύνθεση του προβλήματός τους

σε μικρότερα τμήματα, όπως επίσης στον σχεδιασμό και την οργάνωση του έργου που προγραμματίσαν.

Μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης που έλαβαν, επίσης, μέρος σε ένα εργαστήριο προγραμματισμού ψηφιακών παιχνιδιών έδειξαν μεγάλο ενδιαφέρον για την επεξεργασία, διαμέσου του προγραμματισμού, ιδιοτήτων των ψηφιακών παιχνιδιών, όπως είναι η εμφάνιση της κατάστασής τους και της βαθμολογίας και οι χρόνοι απόκρισης των γραφικών και των ήχων (Barcelos κ.ά., 2014). Για την επεξεργασία τους, μάλιστα, όχι μόνο εφάρμοσαν έννοιες προγραμματισμού, αλλά ενεπλάκησαν σε μια διαδικασία ενεργητικής και σε μεγάλο βαθμό αυτόνομης εκμάθησης εννοιών, όπως των βρόχων. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, η άτυπη γνώση που μπορεί να αποκτηθεί από τους μαθητές κατά την καθημερινή τους αλληλεπίδραση με ηλεκτρονικές συσκευές, μπορεί να επηρεάσει και τη δημιουργία υπολογιστικών τεχνουργημάτων. Επιπρόσθετα, οι 21 μαθητές ιδιωτικού Γυμνασίου που εργάστηκαν στο πλαίσιο ενός καλοκαιρινού προγράμματος σχεδιασμού ηλεκτρονικών παιχνιδιών για 10 ημέρες, φάνηκε ωφελήθηκαν από τη συμμετοχή τους σε τέτοιου είδους δραστηριότητες στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού *Kodu* ως προς τις δεξιότητές τους για επίλυση προβλημάτων και κυρίως τη συστηματική ανάλυση και τον σχεδιασμό και τη λήψη αποφάσεων (Akcaoglu, 2014· Akcaoglu & Koehler, 2014).

Ενδείξεις, ακόμα, υπάρχουν ότι ο σχεδιασμός ψηφιακών παιχνιδιών στο πλαίσιο δραστηριοτήτων ανάπτυξης της ΥΣ, μπορεί να αυξάνει και την αυτοπεποίθησή των μαθητών για τη χρήση των υπολογιστών, παρόλο που εξακολουθούν να υφίστανται διαφορές μεταξύ των δύο φύλων (Jenson & Droumeva, 2016). Στο συμπέρασμα αυτό κατέληξαν οι ερευνητές μετά από μελέτη που πραγματοποίησαν σε Δημοτικό σχολείο του Οντάριο του Καναδά με 67 μαθητές ΣΤ' τάξης. Οι συμμετέχοντες εργάστηκαν στη δημιουργία ψηφιακών παιχνιδιών με αξιοποίηση του λογισμικού *Game Maker* για περίπου 15 ώρες, εκ των οποίων οι 4–5 αφορούσαν διδασκαλία και παροχή οδηγιών από τον διδάσκοντα. Η παροχή οδηγιών στους μαθητές, ωστόσο, χωρίς να δίνεται η ευκαιρία να παρεκκλίνουν απ' αυτές μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα κίνητρά τους για τη δημιουργία παιχνιδιών ή προσομοιώσεων, όπως φάνηκε από έρευνα με 76 μαθητές 10–14 χρονών στις ΗΠΑ (Leonard κ.ά., 2016).

Η διδακτική παρέμβαση των Garneli και Choriantopoulos (2018) διάρκειας πέντε εβδομάδων εστίασε στη διδασκαλία εννοιών του προγραμματισμού μέσα από τη δημιουργία τεχνουργημάτων των Φυσικών Επιστημών. Οι 44 μαθητές της Γ' Γυμνασίου, που έλαβαν μέρος στην έρευνα, χωρίστηκαν σε δύο ομάδες, απ' τις οποίες η μία εργάστηκε για τη

δημιουργία μιας προσομοίωσης για τη λειτουργία ενός απλού ηλεκτρικού κυκλώματος και η άλλη στη δημιουργία ενός ψηφιακού παιχνιδιού για την ίδια έννοια. Η σύγκριση των τεχνουργημάτων των δύο υποομάδων του δείγματος έδειξε ότι ο προγραμματισμός ψηφιακών παιχνιδιών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ σε σύγκριση με τη δημιουργία προσομοιώσεων, ενώ μπορεί και να οδηγήσει σε μεγαλύτερο ενδιαφέρον των μαθητών για μελλοντική ενασχόληση με την Επιστήμη των Υπολογιστών.

Πρόσφατα, 13 μαθητές ηλικίας 10–11 ετών ενός Δημοτικού σχολείου του Λονδίνου εργάστηκαν σε δημιουργία ψηφιακών παιχνιδιών στο περιβάλλον του Scratch και του Alice για 8 μήνες (Allsop, 2019). Η αξιολόγηση των έργων των μαθητών έδειξε πως σημείωσαν πολύ καλές επιδόσεις στην ενσωμάτωση των ακολουθιών, των βρόχων, του παραλληλισμού, των συνθηκών, των τελεστών και των γεγονότων, αλλά δυσκολεύτηκαν με την έννοια της μεταβλητής και της αφαίρεσης. Μεγαλύτερες δυσκολίες στην ενσωμάτωση των μεταβλητών στα προγράμματα εκδήλωσαν τα κορίτσια του δείγματος στο περιβάλλον του Scratch, χωρίς να υπάρχει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των δύο φύλων στο περιβάλλον του Alice. Ταυτόχρονα, η ανάλυση των δεδομένων από τα ψηφιακά τεχνουργήματα των μαθητών, την καταγραφή των συνομιλιών των μαθητών και των ημιδομημένων συνεντεύξεων έδειξε πως ο προγραμματισμός ψηφιακών παιχνιδιών δύναται να αναπτύξει τη δεξιότητα σχεδιασμού και αξιολόγησης των μαθητών, να βελτιώσει τη δεξιότητα λήψης αποφάσεων και συνεργασίας τους και τελικά τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων.

Στην έρευνα των Troiano κ.ά. (2019), μαθητές 13–14 ετών 35 τμημάτων Γυμνασίου κατασκεύασαν στο Scratch ψηφιακά παιχνίδια με θέματα που σχετίζονταν με την κλιματική αλλαγή. Η ανάλυση των παιχνιδιών των μαθητών έδειξε ότι η συμμετοχή των μαθητών στις δραστηριότητες κατασκευής ψηφιακών παιχνιδιών μπορεί να αναπτύξει συνιστώσες της ΥΣ και ιδιαίτερα της παραλληλίας, του συγχρονισμού και της λογικής, ενώ η ανάπτυξη της συνιστώσας της αφαίρεσης ήταν μικρότερη. Παρατηρήθηκε, ακόμα, ότι ο συγχρονισμός, η παραλληλία, η αναπαράσταση των δεδομένων, ο έλεγχος της ροής και η αλληλεπίδραση με τον χρήστη αναπτύσσονταν πιο γρήγορα από τη στιγμή της επαφής των μαθητών με τον προγραμματισμό παιχνιδιών, αλλά η αναπαράσταση των δεδομένων και ο έλεγχος της ροής δε συνέχισαν να βελτιώνονται σημαντικά στην πορεία των δραστηριοτήτων. Αντίθετα, η λογική άρχισε να αναπτύσσεται με αργό ρυθμό, αλλά συνέχισε να έχει βελτιούμενη πορεία μέχρι την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων.

Σύμφωνα με τους ίδιους ερευνητές, το είδος του παιχνιδιού που κατασκευάζουν οι μαθητές μπορεί να επηρεάζει την ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ (Troiano κ.ά., 2020). Ειδικότερα, οι ερευνητές υποστήριξαν πως τα παιχνίδια ερωτήσεων (quiz) δεν είναι αρκετά ωφέλιμα για την ανάπτυξη της ΥΣ, τα παιχνίδια που ζητούν από τον παίκτη να σημαδεύει στόχο (shooter games) μπορούν να βελτιώνουν την αφαίρεση και τα παιχνίδια που περιλαμβάνουν ψηφιακές αφηγήσεις ιστοριών την παραλληλία. Επίσης, τα παιχνίδια που περιλαμβάνουν ερωτήσεις και ψηφιακές αφηγήσεις ιστοριών σημείωσαν χαμηλότερη μέση τιμή σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από τα άλλα είδη παιχνιδιών στον έλεγχο της ροής. Όλα τα είδη των παιχνιδιών, πάντως, σημείωσαν αρκετά χαμηλή βαθμολογία στη μέτρηση της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη.

Τέλος, μαθητές έχουν εργαστεί για τη δημιουργία ψηφιακών παιχνιδιών που ενσωματώνουν μαθηματικά προβλήματα. Ειδικότερα, οι μαθητές της πειραματικής ομάδας του δείγματος των 92 μαθητών της Ε' τάξης Δημοτικού σχολείου της Κινεζικής Ταϊπέι κλήθηκαν να διατυπώσουν μαθηματικά προβλήματα, στη συνέχεια να τα εντάξουν σε ψηφιακά παιχνίδια που οι ίδιοι προγραμματίσαν, έπειτα να τα λύσουν και τέλος να αναστοχαστούν στην προηγούμενη διαδικασία (Chang κ.ά., 2012). Ο κύκλος αυτός των ενεργειών, που θυμίζει τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων που εισήγαγε το 1945 ο George Polya (βλ. Κεφάλαιο 2.1), φάνηκε πως μπορεί να βελτιώσει τις δεξιότητες δημιουργίας και επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων. Η έρευνα των Harrison κ.ά. (2018) κατά το διδακτικό έτος 2017-2018 ενέπλεξε 54 μαθητές Γυμνασίου στον σχεδιασμό παιχνιδιών που ενσωματώνουν προβλήματα Μαθηματικών και στη συνέχεια στην κωδικοποίησή τους. Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν έδειξε ότι μέσα από δραστηριότητες προγραμματισμού ψηφιακών παιχνιδιών είναι δυνατό να αναπτυχθούν ανώτερου επιπέδου δεξιότητες της σκέψης και δεξιότητες της ΥΣ, όπως η αποσύνθεση των προβλημάτων και η αφαιρετική σκέψη, που μπορούν να οδηγήσουν τους μαθητές στην επίτευξη υψηλής επίδοσης στα μαθήματα STEM. Η αξιοποίηση των ψηφιακών παιχνιδιών στη διδασκαλία των Μαθηματικών, άλλωστε, έχει φανεί πως μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της κατανόησης των μαθηματικών εννοιών και σε θετικότερες στάσεις απέναντι στην επιστήμη των Μαθηματικών (Akpınar & Aslan, 2015· Calao κ.ά., 2015· Kebritchi κ.ά., 2010· Li, 2010).

Πίνακας 5. Έρευνες ανάπτυξης της ΥΣ μέσω δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
Chang κ.ά. (2012)	92 μαθητές Ε' τάξης Δημοτικού σχολείου	Η διατύπωση μαθηματικών προβλημάτων, η ένταξή τους σε ψηφιακά παιχνίδια που προγραμματίζουν οι ίδιοι οι μαθητές, η επίλυσή τους και ο αναστοχασμός στη διαδικασία μπορεί να βελτιώσει τις δεξιότητες διατύπωσης και επίλυσης μαθηματικών προβλημάτων.
Denner κ.ά. (2012)	59 μαθήτριες Γυμνασίου	Ο προγραμματισμός ψηφιακών παιχνιδιών σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ. Οι συμμετέχοντες δυσκολεύτηκαν στην αποσύνθεση και οργάνωση του έργου τους και διαπιστώθηκε ανάγκη για μεγαλύτερη υποστήριξη των λιγότερο έμπειρων στον προγραμματισμό μαθητριών για τις δραστηριότητες προγραμματισμού και εκσφαλμάτωσης.
Akcaoglu, (2014)· Akcaoglu & Koehler (2014)	21 μαθητές ιδιωτικού Γυμνασίου	Ο προγραμματισμός ψηφιακών παιχνιδιών σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων, σχεδιασμού και λήψης αποφάσεων.
Barcelos κ.ά. (2014)	30 μαθητές δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης	Η προηγούμενη εμπειρία μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης με τα ψηφιακά παιχνίδια μπορεί να επηρεάσει το ενδιαφέρον τους για τον προγραμματισμό ψηφιακών παιχνιδιών και να οδηγήσει σε μια διαδικασία ενεργητικής και σε μεγάλο βαθμό αυτόνομης εκμάθησης εννοιών, όπως των βρόχων.

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
Jenson & Droumeva (2016)	67 μαθητές ΣΤ' τάξης Δημοτικού σχολείου	Ο σχεδιασμός ψηφιακών παιχνιδιών αυξάνει την αυτοπεποίθηση των μαθητών και ενισχύει την ικανότητά τους να κατακτήσουν έννοιες της Επιστήμης των Υπολογιστών και του STEM.
Leonard κ.ά. (2016)	76 μαθητές 10–14 ετών	Η παροχή οδηγιών στους μαθητές χωρίς να δίνεται η ευκαιρία να παρεκκλίνουν απ' αυτές μπορεί να επηρεάσει αρνητικά τα κίνητρά τους για σχεδιασμό ψηφιακών παιχνιδιών.
Garneli & Chorianopoulos (2018)	44 μαθητές Γ' τάξης Γυμνασίου	Ο προγραμματισμός ψηφιακών παιχνιδιών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ και σε μεγαλύτερο ενδιαφέρον για μελλοντική ενασχόληση με την Επιστήμη των Υπολογιστών.
Harrison κ.ά. (2018)	54 μαθητές Γυμνασίου	Η συμμετοχή μαθητών σε δραστηριότητες προγραμματισμού ψηφιακών παιχνιδιών μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη ανώτερου επιπέδου δεξιοτήτων της σκέψης και δεξιότητες της ΥΣ, όπως είναι η αποσύνθεση των προβλημάτων και η αφαιρετική σκέψη, αλλά και να οδηγήσουν τους μαθητές στην επίτευξη υψηλής επίδοσης στα μαθήματα STEM.
Allsop (2019)	13 μαθητές 10–11 ετών	Ο προγραμματισμός ψηφιακών παιχνιδιών σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού δύναται να αναπτύξει τη δεξιότητα για τον σχεδιασμό και την αξιολόγηση, να βελτιώσει τη δεξιότητα λήψης αποφάσεων και συνεργασίας και τελικά τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Οι μαθητές σημείωσαν καλές επιδόσεις στην ενσωμάτωση των

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
		εννοιών της ΥΣ στα παιχνίδια που δημιούργησαν, με εξαίρεση τις μεταβλητές και την αφαίρεση.
Troiano κ.ά. (2019, 2020)	Περίπου 670 μαθητές Γυμνασίου 13–14 ετών	Η συμμετοχή των μαθητών στις δραστηριότητες κατασκευής ψηφιακών παιχνιδιών στο Scratch μπορεί να αναπτύξει τις συνιστώσες της ΥΣ και ιδιαίτερα της παραλληλίας, του συγχρονισμού και της λογικής, ενώ η ανάπτυξη της συνιστώσας της αφαίρεσης ήταν μικρότερη. Παρατηρήθηκε, ακόμα, ότι οι συνιστώσες της ΥΣ δεν αναπτύχθηκαν με τον ίδιο ρυθμό στην πορεία των διδασκαλιών. Το θέμα, τέλος, του παιχνιδιού που κατασκευάζουν οι μαθητές μπορεί να επηρεάζει την ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ.

4.2.3.2 Δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων και κινουμένων σχεδίων

Σύμφωνα με τον Σύνδεσμο Ψηφιακής Αφήγησης (Digital Storytelling Association, 2011), «η ψηφιακή αφήγηση είναι η σύγχρονη έκφραση της αρχαίας τέχνης της αφήγησης», η οποία έχει αποτελέσει ανά τους αιώνες ένα από τα βασικά εργαλεία μετάδοσης γνώσης, σοφίας και αξιών από γενιά σε γενιά. Θα μπορούσε κανείς, με άλλα λόγια, να παρομοιάσει τον υπολογιστή και τα δίκτυά του ως την πιο σύγχρονη μορφή του κύκλου που σχημάτιζαν οι άνθρωποι γύρω από τη φωτιά πριν χιλιάδες χρόνια. Κατά τον Robin (2008), η ψηφιακή αφήγηση αποτελεί μια διαδικασία, μέσα από την οποία συνδυάζονται διάφορα ψηφιακά μέσα και δίνουν τη δυνατότητα στον χρήστη να λάβει τον ρόλο ενός «έξυπνου» αφηγητή. Τα ψηφιακά μέσα που συνθέτουν την αφήγηση είναι ανάγκη να τοποθετηθούν στη σειρά εκείνη που ορίζει ο χρήστης για να έχει νόημα η ιστορία του, δηλαδή απαιτείται ένα είδος προγραμματισμού και αλγοριθμικής σκέψης.

Με βάση την περιγραφή της έννοιας της ψηφιακής αφήγησης, οι τεχνολογίες που έχουν αναπτυχθεί για τη δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων επιτρέπουν τον συνδυασμό ήχου, κινούμενης εικόνας και κειμένου. Κατά τα τελευταία χρόνια παρατηρείται μεγάλο ενδιαφέρον για την ανάπτυξη λογισμικών δημιουργίας ψηφιακών ιστοριών που απευθύνονται σε μαθητές

τυπικής ανάπτυξης και σε μαθητές με ειδικές εκπαιδευτικές ανάγκες (Chatzara κ.ά., 2014). Ανάμεσα στα λογισμικά ξεχωρίζουν, όπως και στην εφαρμογή άλλων στρατηγικών ανάπτυξης της ΥΣ, το λογισμικό Alice (Cooper κ.ά., 2000), που επιτρέπει τη δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων σε τρισδιάστατο γραφικό περιβάλλον, αλλά και το Scratch (βλ. Κεφάλαιο 4.2.2.1). Κατά τους Vinayakumar κ.ά. (2018), η ψηφιακή αφήγηση στο περιβάλλον του Scratch, είναι δυνατό να προκαλέσει μια σημαντική αλλαγή στη μαθησιακή διαδικασία, μετατρέποντας τους μαθητές από καταναλωτές των τεχνολογικών αγαθών σε δημιουργούς τους. Μπορεί να αναπτύσσεται, έτσι, η δημιουργικότητά τους, να ενθαρρύνεται η αυτοέκφρασή τους και να αναπτύσσονται οι δεξιότητές τους για σχεδίαση τεχνουργημάτων. Κατά την προηγούμενη δεκαετία, μάλιστα, η ψηφιακή αφήγηση ιστοριών είχε φανεί πως μπορεί να ενισχύσει τα κίνητρα των μαθητριών για την κατάκτηση εννοιών της Επιστήμης των Υπολογιστών (Kelleher & Pausch, 2007).

Η ψηφιακή αφήγηση προτείνεται από τους Lee κ.ά. (2014) ως μια υπολογιστική δραστηριότητα, πλάι στη συλλογή και την ανάλυση δεδομένων και τις διερευνήσεις που αφορούν την υπολογιστική επιστήμη, προκειμένου οι μαθητές προσχολικής, πρωτοβάθμιας και των πρώτων τάξεων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης να αναπτύξουν δεξιότητες της ΥΣ. Κατά την προτεινόμενη μεθοδολογία, οι μαθητευόμενοι μαθαίνουν κάθε φορά ένα μικρό κομμάτι εξειδικευμένης γνώσης μέσω μικρών, αυξανόμενης δυσκολίας εργασιών που τους ανατίθενται. Μόνο μετά την ολοκλήρωση των επιμέρους εργασιών δίνεται η δυνατότητα στους μαθητές να δημιουργήσουν ένα έργο της επιλογής τους, στο οποίο ενσωματώνονται όλες οι εντολές στις οποίες έχουν εξασκηθεί προηγουμένως. Η ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ δε διδάσκεται ρητά, αλλά πραγματοποιείται μέσα από τη γραφική αναπαράσταση των χαρακτήρων της ιστορίας. Για παράδειγμα, η κεντρική για την ΥΣ έννοια της αφαίρεσης αναπτύσσεται καθώς ο μαθητής ασκείται στη διαίρεση μιας ιστορίας σε κεφάλαια ή στην επιλογή των σκηνών και των χαρακτήρων που θα αποτελέσουν μέρος της ψηφιακής ιστορίας.

Κατά τους Mannila κ.ά. (2014), η δημιουργία μιας ψηφιακής αφήγησης από μαθητές πρωτοβάθμιας εκπαίδευσης δε σημαίνει μόνο τη δημιουργία μιας πλοκής με χαρακτήρες και διαλόγους, αλλά και την εκμάθηση εννοιών του προγραμματισμού. Ο τελευταίος δεν αποτελεί τον κεντρικό σκοπό της διαδικασίας, αλλά το εργαλείο με τη βοήθεια του οποίου η ιστορία παρουσιάζεται με διασκεδαστικό τρόπο. Επιπλέον, οι ερευνητές θεωρούν ότι στις περιπτώσεις εκείνες στις οποίες προκύπτουν δυσκολίες κατά τη δημιουργία των αφηγήσεων, οι μαθητές διαθέτουν ισχυρό κίνητρο να τις ξεπεράσουν, καθώς μόνο ξεπερνώντας αυτές θα κατορθώσουν να ολοκληρώσουν τις ιστορίες τους. Θεωρούν, μάλιστα, ότι τα κίνητρα των μαθητών δε θα

ήταν το ίδιο ισχυρά στην περίπτωση που θα βρίσκονταν ενώπιον ενός προβλήματος σε αφηρημένες ακολουθίες εντολών.

Με σκοπό την ενίσχυση του ενδιαφέροντος για την ΥΣ, εφαρμόστηκε ένα πρόγραμμα διαδραστικής δημοσιογραφίας κατά τη διάρκεια θερινών μαθημάτων (Wolz κ.ά., 2010· Wolz, Stone, κ.ά., 2011). Οι μαθητές και οι εκπαιδευτικοί δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης συμμετείχαν στη δημιουργία ειδήσεων με κείμενο και κινούμενη εικόνα, μέσα από το περιβάλλον του Scratch. Σύμφωνα με τους ερευνητές, οι αντιλήψεις των μαθητών για τον προγραμματισμό έγιναν θετικότερες και οι μαθητές διαπίστωσαν ότι οι διαδικασίες της συγγραφής και της δημιουργίας κινουμένων σχεδίων διαθέτουν αρκετά κοινά χαρακτηριστικά. Ωστόσο, ήταν δύσκολο να αξιολογηθεί ο βαθμός στον οποίο αναπτύχθηκαν συνιστώσες της ΥΣ.

Οι Resnick κ.ά. (2009) επεσήμαναν, επίσης, ότι ο προγραμματισμός είναι μια επέκταση της γραφής, καθώς επιτρέπει στους ανθρώπους να δημιουργούν νέα πράγματα, όπως διαδραστικές ιστορίες, παιχνίδια, κινούμενα σχέδια και προσομοιώσεις. Η σύνδεση μεταξύ της διαδικασίας της γραφής και της δημιουργίας μιας ψηφιακής ιστορίας μέσω της κωδικοποίησης φάνηκε και στην έρευνα των Burke και Kafai (2012): Σ' αυτή έλαβαν μέρος 10 μαθητές, όλοι τους αγόρια, μεταξύ 10 και 14 ετών, δημιουργώντας ψηφιακές ιστορίες στο Scratch, στο πλαίσιο επιλεγόμενου μαθήματος σε σχολείο της Φιλαδέλφειας των ΗΠΑ. Οι συμμετέχοντες εξάσκησαν τις δεξιότητες σύνθεσης κειμένων που είχαν κατακτήσει στις παραδοσιακές τάξεις κατακτώντας ταυτόχρονα δεξιότητες σχετικές με τον προγραμματισμό υπολογιστή. Τα πλακίδια που χρησιμοποιήθηκαν σε μικρότερο βαθμό αφορούσαν τις συνθήκες, τους τελεστές του Boole και τις μεταβλητές, καθώς αυτά χαρακτηρίζουν περισσότερο τα ψηφιακά παιχνίδια, όπου οι ενέργειες των ηρώων δεν ακολουθούν μια προκαθορισμένη, γραμμική πορεία, όπως συνήθως συμβαίνει σε μια αφήγηση.

Στην περίπτωση της έρευνας του Seiter (2015) οι μαθητές Δ' τάξης δύο Δημοτικών σχολείων έτειναν να γράφουν ένα μικρό κομμάτι κώδικα και στη συνέχεια να το δοκιμάζουν και να αναστοχάζονται σχετικά μ' αυτό, κατά τη διαδικασία που ακολουθούν σε μια παραδοσιακή δραστηριότητα συγγραφής. Ειδικότερα, κατά τη δημιουργία των κινουμένων σχεδίων τους, πραγματοποιούσαν έλεγχο κάθε σκηνής πριν προχωρήσουν στην επόμενη, εξετάζοντας μικρότερα τμήματα κώδικα κάθε φορά. Με τον τρόπο αυτό, τα προγράμματά τους διορθώνονταν σε περισσότερο τακτά χρονικά διαστήματα και περιελάμβαναν λιγότερα σφάλματα, βελτιώνοντας την υπολογιστική πρακτική του πειραματισμού και της επανάληψης, κατά το μοντέλο της ΥΣ των Brennan και Resnick (2012).

Οι 49 μαθητές ιδιωτικού Δημοτικού σχολείου στην Τουρκία, που παρακολούθησαν για μια ώρα την εβδομάδα το μάθημα που αφορούσε τους υπολογιστές και συμμετείχαν σε δραστηριότητες ανάπτυξης της ΥΣ, ανάμεσά τους και δημιουργίας ψηφιακών αφηγήσεων και κινουμένων σχεδίων, δε σημείωσαν καμία αύξηση, σε στατιστικά σημαντικό βαθμό, στις μετρήσεις που αφορούσαν τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων, πέρα από την αυτοπεποίθησή τους στην επίλυση προβλημάτων (Kalelioğlu & Gülbahar, 2014). Υψηλές ήταν οι αντίστοιχες τιμές που μετρήθηκαν στους 68 «χαρισματικούς» μαθητές Δημοτικού που έλαβαν μέρος στην έρευνα των Uçar κ.ά. (2017) και προέρχονταν από τις μεγαλύτερες τάξεις.

Τέλος, η έρευνα των Boticki κ.ά. (2018) με 23 μαθητές Α' τάξης Δημοτικού σχολείου, οι οποίοι εργάστηκαν για δύο μήνες σε δραστηριότητες ανάπτυξης της ΥΣ που περιελάμβαναν τη δημιουργία κινουμένων σχεδίων έδειξε ότι υπάρχει ισχυρή, θετική συσχέτιση ανάμεσα στο επίπεδο επάρκειας γλωσσικών και μαθηματικών δεξιοτήτων και των δεξιοτήτων της ΥΣ. Ακόμα, φάνηκε πως η δημιουργία ψηφιακών ιστοριών και η «ανάγνωση» ψηφιακών ιστοριών άλλων χρηστών μπορεί να είναι μια πολύ αποτελεσματική προσέγγιση για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ και κυρίως της πρακτικής της εκσφαλμάτωσης (Proctor, 2019), ενώ οφέλη από τη δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων μπορούν να υπάρξουν για τους μαθητές που παρουσιάζουν δυσκολίες στην κατανόηση γραπτών κειμένων (Di Mascio κ.ά., 2012).

Πίνακας 6. Έρευνες ανάπτυξης της ΥΣ μέσω δημιουργίας ψηφιακών αφηγήσεων

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
Wolz κ.ά. (2010)· Wolz, Stone, κ.ά. (2011)	45 μαθητές Γυμνασίου	Οι μαθητές συμμετείχαν στη δημιουργία ειδήσεων με κείμενο και κινούμενη εικόνα στο Scratch. Φάνηκε ότι οι στάσεις τους απέναντι στον προγραμματισμό έγιναν θετικότερες, αλλά ήταν δύσκολο να αξιολογηθεί ο βαθμός στον οποίο αναπτύχθηκαν συνιστώσες της ΥΣ.

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
Burke & Kafai (2012)	10 μαθητές (μόνο αγόρια) 10–14 ετών	Διαπιστώθηκαν ομοιότητες ανάμεσα στη διαδικασία της γραφής και της δημιουργίας μιας ψηφιακής ιστορίας μέσω της κωδικοποίησης. Οι μαθητές χρησιμοποίησαν σε μικρότερο βαθμό τα πλακίδια που αφορούσαν τις συνθήκες, τους τελεστές και τις μεταβλητές, καθώς αυτά χαρακτηρίζουν περισσότερο τα ψηφιακά παιχνίδια.
Kalelioğlu & Gülbahar (2014)	49 μαθητές Ε' τάξης ιδιωτικού Δημοτικού σχολείου	Οι δραστηριότητες ανάπτυξης της ΥΣ, μεταξύ αυτών και δραστηριότητες δημιουργίας ψηφιακών αφηγήσεων και κινουμένων σχεδίων, οδήγησαν σε αύξηση μόνο της αυτοπεποίθησης για την επίλυση προβλημάτων.
Lee κ.ά. (2014)	Μαθητές 5–14 ετών	Η ψηφιακή αφήγηση προτείνεται ως μια υπολογιστική δραστηριότητα, μαζί με τη συλλογή και την ανάλυση δεδομένων και τις διερευνήσεις που αφορούν την υπολογιστική επιστήμη, προκειμένου οι μαθητές να αναπτύξουν δεξιότητες της ΥΣ, όπως την αφαίρεση.
Seiter (2015)	Μαθητές 2 τμημάτων Δ' τάξης Δημοτικού σχολείου	Οι μαθητές, κατά τη δημιουργία των κινουμένων σχεδίων τους, έτειναν να γράφουν ένα μικρό κομμάτι κώδικα, στη συνέχεια να το δοκιμάζουν και τέλος, να αναστοχάζονται σχετικά μ' αυτό, κατά τη διαδικασία που ακολουθούν σε μια παραδοσιακή δραστηριότητα συγγραφής. Ασκούμενοι στην πρακτική του πειραματισμού και της

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
		επανάληψης, οι μαθητές διόρθωναν τα τα προγράμματά τους σε περισσότερο τακτά χρονικά διαστήματα και κατασκεύαζαν προγράμματα με λιγότερα σφάλματα.
Boticki κ.ά. (2018)	23 μαθητές Α' τάξης Δημοτικού σχολείου	Κατά τη δημιουργία ψηφιακών ιστοριών, μεγαλύτερο επίπεδο επάρκειας δεξιοτήτων της Γλώσσας και των Μαθηματικών μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερο επίπεδο επάρκειας συνιστωσών της ΥΣ.
Vinayakumar κ.ά. (2018)	Μαθητές Δημοτικού σχολείου	Η δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων στο Scratch μπορεί να συμβάλει στην ανάπτυξη της δημιουργικότητας, την ενθάρρυνση της αυτοέκφρασης και την ανάπτυξη των δεξιοτήτων σχεδιασμού των μαθητών.
Proctor (2019)	40 μαθήτριες ιδιωτικού Γυμνασίου	Η δημιουργία ψηφιακών ιστοριών μπορεί να είναι μια πολύ αποτελεσματική προσέγγιση για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ, όπως της πρακτικής της εκσφαλμάτωσης.

4.2.3.3 Δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης (debugging)

Κατά τις προηγούμενες δεκαετίες, ο προγραμματισμός αντιμετωπίστηκε από κάποιους επιστήμονες ως μια διαδικασία επίτευξης ενός στόχου, μέσα από την υλοποίηση ενός σχεδίου. Κάθε φορά που το σχέδιο αυτό αποτύγχανε, εμποδίζοντας την επίτευξη του στόχου, θεωρούνταν ότι λάμβανε χώρα ένα σφάλμα (Johnson & Soloway, 1984). Οι Perkins και Martin (1986) εστίασαν στις διαδικασίες της σκέψης, αποδίδοντας την εμφάνιση των σφαλμάτων σε περιορισμένη ανάπτυξη στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων. Ο Pea (1986) αναφέρθηκε στον «υπερ-κοριό» (superbug· σ. 32), δηλαδή ένα σφάλμα μεγαλύτερο και ανώτερο απ' όλα τα άλλα, από το οποίο πηγάζουν τα άλλα είδη εννοιολογικών σφαλμάτων. Σύμφωνα με μια πιο σύγχρονη άποψη, «όπως και οι κοριοί ή τα έντομα της πραγματικής ζωής, έτσι και τα σφάλματα των προγραμμάτων του υπολογιστή βρίσκονται παντού» (Metzger, 2004, σ. 1).

Ωστόσο, αντί να αποδέχεται κανείς ότι είναι αναμενόμενο να συναντήσει σφάλματα διαφόρων ειδών σε ένα πρόγραμμα αρχαρίου προγραμματιστή, είναι προτιμότερο να διερευνήσει τις διαδικασίες της σκέψης των αρχαρίων προγραμματιστών κατά την «παραγωγή» και τη διόρθωση των σφαλμάτων. Άλλωστε, οι μαθητές μαθαίνουν από τα σφάλματά τους μόνο όταν γίνονται από τους ίδιους κατανοητά τα λανθασμένα νοητικά μοντέλα που οδήγησαν στα σφάλματα (McCauley κ.ά., 2008).

Οι Ahmadzadeh κ.ά. (2005) ανέλυσαν 108.652 σφάλματα φοιτητών πανεπιστημίου που παρακολούθησαν για ένα εξάμηνο ένα μάθημα εισαγωγής στον προγραμματισμό και διαπίστωσαν ότι οι φοιτητές που σημείωσαν καλές επιδόσεις στην εκσφαλμάτωση ήταν επίσης ικανοί προγραμματιστές, ενώ αντίθετα δεν ήταν όλοι οι καλοί προγραμματιστές και καλοί «διορθωτές προγραμμάτων». Το γεγονός αυτό το απέδωσαν στην ικανότητα ανάγνωσης και κυρίως κατανόησης του κώδικα που έχουν δημιουργήσει άλλοι προγραμματιστές, η οποία βελτιώνει τη συνολική ικανότητα των αρχαρίων προγραμματιστών.

Η μελέτη της διαδικασίας της εκσφαλμάτωσης ικανών προγραμματιστών, κυρίως αρχαρίων, μπορεί να παράσχει χρήσιμες πληροφορίες για τη διδασκαλία, δεδομένου ότι η αποκωδικοποίηση των μεθόδων που αυτοί αξιοποιούν για την κατανόηση, τη διάγνωση, τον εντοπισμό και την επιδιόρθωση των σφαλμάτων μπορεί να προσφέρει χρήσιμα μοντέλα για τον τρόπο με τον οποίο μπορούν οι νέοι προγραμματιστές να διδαχθούν τις έννοιες του προγραμματισμού (McCauley κ.ά., 2008). Η πρώτη καταγραφή των στρατηγικών του προγραμματιστή κατά την εκσφαλμάτωση πραγματοποιήθηκε περίπου πενήντα χρόνια πριν (Gould, 1975· Gould & Drongowski, 1974). Η Vessey (1985) διέκρινε για πρώτη φορά τα «επεισόδια» (episodes), δηλαδή ομάδες φράσεων των προγραμματιστών, τις οποίες πρόφεραν κατά τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης. Η ερευνήτρια διαπίστωσε την ύπαρξη μιας ιεραρχίας στόχων, των οποίων το επιστέγασμα αποτελούσε η επιδιόρθωση του σφάλματος. Αρχικά, στόχος των προγραμματιστών ήταν η σύγκριση του αποτελέσματος μιας σωστής και μιας λανθασμένης υπολογιστικής διαδικασίας και έπειτα η απόκτηση οικειότητας με τις λειτουργίες και τη δομή του προγράμματος. Στη συνέχεια επιδιωκόταν η εξερεύνηση της εκτέλεσης και του ελέγχου του προγράμματος και η αξιολόγησή του, προκειμένου να προκύψει ένα συμπέρασμα ή έστω μια υπόθεση για το σφάλμα.

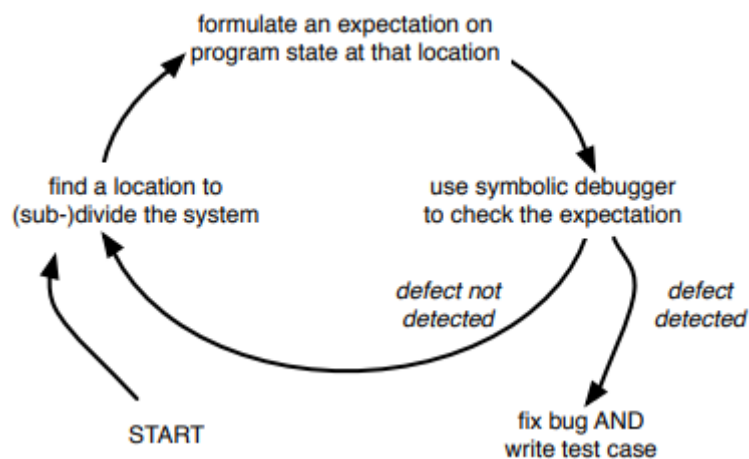
Σύμφωνα με τους Ducassè και Emde (1988), τέσσερις οικουμενικές (global) στρατηγικές εφαρμόζονται, είτε μεμονωμένα, είτε συνδυαστικά, κατά τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης: το φιλτράρισμα (filtering), κατά το οποίο ο προγραμματιστής

προσανατολίζεται σχετικά με τους αλγόριθμους και τα σενάρια, η αναζήτηση της αντιστοιχίας ανάμεσα στο επιδιωκόμενο και το παρατηρούμενο αποτέλεσμα του προγράμματος, ο έλεγχος της σωστής μορφής του προγράμματος και ο έλεγχος για σφάλματα τα οποία είναι συνήθη εντός προγραμμάτων (bugs clichés) με αποτέλεσμα να εντοπίζονται εύκολα χάρη στην πείρα του προγραμματιστή. Κατά τους Miljanovic και Bradbury (2017), οι συνηθέστερες τεχνικές εκσφαλμάτωσης (debugging techniques) περιλαμβάνουν την ιχνηλάτηση του κώδικα (code tracing), τη χρήση εντολών εξόδου (print statements), την τεχνική *διαίρει και βασίλευε* (divide and conquer) και την πραγματοποίηση παύσεων στην εκτέλεση του κώδικα (breakpoints). Η ιχνηλάτηση του κώδικα αφορά την ανάγνωση του κώδικα από τους προγραμματιστές, με σκοπό την εύρεση σφαλμάτων, ενώ η χρήση εντολών εξόδου αποτελεί μια προσέγγιση έγχυσης κώδικα (code injection), προκειμένου να εισαχθούν εντολές εξόδου στον κώδικα και να εμφανιστούν αποτελέσματα τμημάτων του κώδικα. Η μέθοδος επίλυσης *διαίρει και βασίλευε* περιλαμβάνει την τμηματοποίηση (διαίρει) του προβλήματος σε μικρότερα τμήματα-υποπροβλήματα και στη συνέχεια την επίλυσή τους (*βασίλευε*) και τον συνδυασμό τους σε μια ενιαία λύση για τα αρχικά πρόβλημα. Τέλος, κάποιοι προγραμματιστές σταματούν τη ροή του προγράμματος προσωρινά σε κάποιο σημείο και ελέγχουν τις εντολές που υπάρχουν ως εκείνο το σημείο. Οι 23 συμμετέχοντες, πρωτοετείς φοιτητές τμήματος Πληροφορικής, της έρευνας των ιδίων ερευνητών σημείωσαν βελτίωση της δεξιότητας της εκσφαλμάτωσης μετά από την συμμετοχή τους στο παιχνίδι εκσφαλμάτωσης *RoboBUG* και η μεγαλύτερη βελτίωση παρατηρήθηκε σε φοιτητές που σημείωσαν μικρότερη επίδοση στις αρχικές δοκιμασίες, πριν τη συμμετοχή τους στις δραστηριότητες.

Μια συστηματική διαδικασία επίλυσης προβλημάτων, που αποτελεί το ανώτερο επίπεδο κατάκτησης της δεξιότητας της εκσφαλμάτωσης, ξεκινά με τη δοκιμαστική εκτέλεση του προγράμματος για την εμφάνιση των αποτελεσμάτων του και τη διαπίστωση των σφαλμάτων που περιέχει (Michaeli & Romeike, 2019). Στη συνέχεια, ο προγραμματιστής διατυπώνει επανειλημμένα υποθέσεις για την προέλευση των σφαλμάτων και πειραματίζεται για τη διάψευση ή την επαλήθευσή τους μέχρι να βρεθεί η αιτία του σφάλματος. Οι Michaeli και Romeike (2019), επίσης, προέβησαν σε μια βιβλιογραφική επισκόπηση της κατηγοριοποίησης των σφαλμάτων, τα οποία διέκριναν σε συντακτικά σφάλματα (syntax errors), όπως θα μπορούσε να είναι η παράλειψη του χαρακτήρα της παρένθεσης σε ένα σημείο του κώδικα, στα σημαντικά/σημασιολογικά κατά την εκτέλεση του κώδικα (run-time semantic), που δεν εμποδίζουν τη μεταγλώττιση, αλλά οδηγούν σε μη αναμενόμενο τερματισμό του προγράμματος κατά την εκτέλεσή του, όπως επίσης και στα σφάλματα λογικής

(logic errors), που δεν παρεμποδίζουν την εκτέλεση του κώδικα, αλλά οδηγούν σε αποτέλεσμα διαφορετικό από το αρχικά επιθυμητό.

Από τα πρώτα χρόνια στα οποία οι ερευνητές ασχολήθηκαν με τις διαδικασίες και τις στρατηγικές επιδιόρθωσης των σφαλμάτων εντός του κώδικα, τους απασχόλησε έντονα εάν οι στρατηγικές αυτές είναι δυνατόν να διδαχτούν ή αποκτώνται αποκλειστικά διαμέσου της απόκτησης εμπειριών εκσφαλμάτωσης. Κατά τους Kessler και Anderson (1986), η εκσφαλμάτωση είναι μια δεξιότητα που δεν απορρέει άμεσα από την ικανότητα συγγραφής κώδικα και ως τέτοια, πρέπει να διδάσκεται. Ακόμη και κάποιοι περισσότεροι σύγχρονοι ερευνητές, αντίθετα με τις θεωρίες μάθησης που επικρατούν στις μέρες μας, υποστηρίζουν πως η εστιασμένη διδασκαλία της εκσφαλμάτωσης μπορεί να είναι αποτελεσματική.



Εικόνα 14. Η συστηματική διαδικασία εκσφαλμάτωσης κώδικα των Böttcher κ.ά. (2016)

Οι Böttcher κ.ά. (2016) προχώρησαν στη διδασκαλία σε πρωτοετείς φοιτητές πανεπιστημιακού τμήματος μιας συστηματικής διαδικασίας εντοπισμού των σφαλμάτων σε κώδικα γλώσσας προγραμματισμού Java (βλ. Εικόνα 14), η οποία θυμίζει την επαναληπτική διαδικασία που περιλαμβάνεται στα προγράμματα σπουδών του Massachusetts Department of Education (2006). Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους έδειξαν ότι οι συχνότερες διαδικασίες που ακολούθησαν οι φοιτητές για την εκσφαλμάτωση του κώδικα ήταν η εφαρμογή της διδαχθείσας διαδικασίας, η προσπάθεια για διάγνωση των σφαλμάτων με οπτικό τρόπο (visual diagnosis) και η μη συστηματική περιήγηση στον κώδικα (unsystematic poking around to detect the bugs). Επιπλέον, φάνηκε ότι η δεξιότητα εκσφαλμάτωσης συσχετίζεται με την

ικανότητα να εργάζεται κανείς με συστηματικό τρόπο και ότι οι μαθητές, λίγοι στο πλήθος, που αρχικά εφάρμοσαν τον συστηματικό τρόπο εκσφαλμάτωσης, γρήγορα επέστρεψαν σε μη συστηματικές τεχνικές. Οι Michaeli και Romeike (2019), τέλος, έδειξαν πρόσφατα ότι η εστιασμένη διδασκαλία στρατηγικών εκσφαλμάτωσης μπορεί να βελτιώσει σε στατιστικά σημαντικό βαθμό τις δεξιότητες μαθητών 15–16 ετών αναφορικά με την εύρεση και τη διόρθωση σφαλμάτων κώδικα, αλλά και την αίσθηση της αποτελεσματικότητάς τους στις ίδιες διαδικασίες.

Στον αντίποδα, υπάρχει μια ομάδα ερευνητών που υποστηρίζει πως είναι αποτελεσματικότερη η ενθάρρυνση και η υποστήριξη των μαθητών, προκειμένου να ανακαλύπτουν οι ίδιοι τα σφάλματά τους και να τα διορθώνουν, μια άποψη που έρχεται σε συμφωνία με την κονστрукτιβιστική αντίληψη για τη μάθηση. Η ιδέα είναι αρκετά παλαιά και στην περίπτωση αυτή, καθώς από το 1987 ο Wilson είχε αναφερθεί στην αξιοποίηση της σωματικής μεθόδου, της μαιευτικής, με πολλές και απλές ερωτήσεις προς τον προγραμματιστή για την υποστήριξή του στον εντοπισμό και την επιδιόρθωση των σφαλμάτων.

Οι Chmiel και Loui (2004) διαπίστωσαν πως οι αρχάριοι προγραμματιστές που εκτέθηκαν σε περισσότερες ασκήσεις εκσφαλμάτωσης χρειάστηκαν μελλοντικά λιγότερο χρόνο για την εκσφαλμάτωση των δικών τους προγραμμάτων, αν και οι επιδόσεις τους στις διάφορες δοκιμασίες προγραμματισμού δε διαφοροποιήθηκαν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό. Επεσήμαναν, ακόμα, την ανάγκη κατασκευής ενός μοντέλου των διαδικασιών που ακολουθούν οι μαθητές κατά την εκσφαλμάτωση, με βάση τις καταγραφές των ενεργειών τους και τις συνεντεύξεις μαζί τους, προκειμένου ο διδάσκων να πραγματοποιήσει μια ακριβέστερη διάγνωση των στρατηγικών εκσφαλμάτωσης των προγραμματιστών. Οι Robertson κ.ά. (2004), τέλος, διερεύνησαν αν η επισήμανση των λαθών των μαθητευόμενων προγραμματιστών με άμεση διακοπή της διαδικασίας του προγραμματισμού (π.χ. με αναδύμενο παράθυρο) ή με έμμεσο τρόπο (π.χ. με υπογράμμιση σφαλμάτων στον κώδικα) μπορεί να επηρεάσει διαφορετικά την αποδοτικότητά τους κατά την επιδιόρθωση των σφαλμάτων. Όπως φάνηκε, ο πρώτος τρόπος βοήθησε λιγότερο τους μαθητές, καθώς με τις συχνές διακοπές που προκαλούσε στη διαδικασία, παρεμπόδιζε τη λειτουργία της βραχυπρόθεσμης μνήμης.

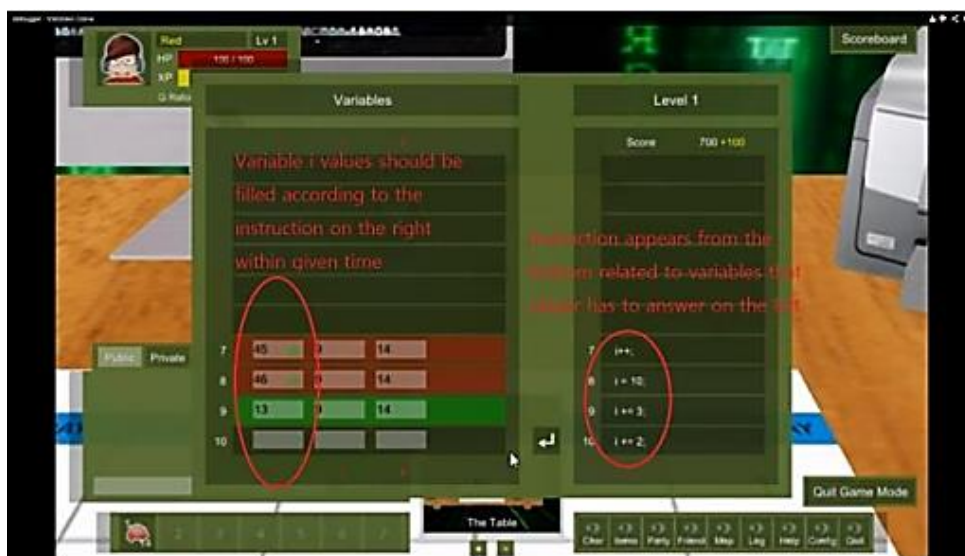
Ως πρακτική της ΥΣ, η εκσφαλμάτωση έχει λάβει μικρό μόνο μερίδιο του ενδιαφέροντος των ερευνητών συγκριτικά με άλλες συνιστώσες της ΥΣ. Όπως σημειώνουν οι Lye και Koh (2014) κατά την επισκόπηση της βιβλιογραφίας σχετικά με τις εξελίξεις και την

πρόοδο στην εκπαίδευση για την ανάπτυξη της ΥΣ στην εκπαίδευση, το 85% των δημοσιευμένων μελετών διερεύνησε τα μαθησιακά αποτελέσματα ερευνών μόνο αναφορικά με τις έννοιες της ΥΣ. Οι πρακτικές της ΥΣ και ειδικότερα η δοκιμή και εκσφαλμάτωση παρουσιάζονται ως αγνοημένες από την επιστημονική έρευνα, ακόμη και μέχρι πρόσφατα (Liu κ.ά., 2017). Το γεγονός αυτό οφείλεται, ενδεχομένως, στο γεγονός ότι τα περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού, τα οποία κυρίως αξιοποιούνται για τη διδασκαλία εννοιών του προγραμματισμού σε αρχάριους προγραμματιστές, δεν έχουν εξ αρχής σχεδιαστεί για τη διδασκαλία τεχνικών εκσφαλμάτωσης. Ο σχεδιασμός τους, μάλιστα, που βασίζεται στη μετακίνηση πλακιδίων για τη σύνθεση του κώδικα, αποτρέπει τα συντακτικά λάθη (Resnick κ.ά., 2009). Τα σφάλματα δεν αποτελούν, ωστόσο, απαραίτητα συντακτικά λάθη, αλλά συχνά αντικατοπτρίζουν μειωμένη κατανόηση των εννοιών που εμπλέκονται και περιορισμένες δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων (Ginat & Shmallo, 2013).

Η εκσφαλμάτωση, επομένως, σε τέτοιου είδους περιβάλλοντα εστιάζει στην επίλυση προβλημάτων για τη διόρθωση της αναντιστοιχίας ανάμεσα στην παρατηρούμενη συμπεριφορά του προγράμματος και την αρχικά επιδιωκόμενη, χωρίς να παρέχονται οδηγίες από τα περιβάλλοντα για τη διόρθωση. Ο εντοπισμός, ωστόσο, του σφάλματος φαίνεται πως για έναν αρχάριο προγραμματιστή είναι μια διαδικασία πιο δύσκολη συγκριτικά με τη διόρθωσή του (Fitzgerald κ.ά., 2008), με αποτέλεσμα να είναι ανάγκη να δοθεί ιδιαίτερη έμφαση στα αρχικά στάδια της επίλυσης του προβλήματος. Από τους ερευνητές που εστίασαν στην πρακτική της εκσφαλμάτωσης, οι περισσότεροι την αντιμετώπισαν ως μια δραστηριότητα διόρθωσης ή επαναφοράς (remedial activity), που έπεται της συγγραφής του κώδικα, ενώ άλλοι, λιγότεροι στο πλήθος, ακολούθησαν μια εναλλακτική προσέγγιση, τοποθετώντας σκόπιμα σφάλματα στον κώδικα προγραμμάτων, ζητώντας από τους μαθητές είτε να αιτιολογήσουν τη έλλειψη αντιστοιχίας ανάμεσα στη λειτουργία του προγράμματος και στην αρχική σκέψη του προγραμματιστή είτε να διορθώσουν αυτά τα προσεκτικά σχεδιασμένα σφάλματα (Griffin, 2016). Με δραστηριότητες κυρίως της δεύτερης κατηγορίας εφαρμόζονται υπολογιστικές έννοιες και πρακτικές όπως η δοκιμή, ο εντοπισμός και η λογική σκέψη για την πρόβλεψη και την επικύρωση των αποτελεσμάτων (Csizmadia κ.ά., 2015).

Χαρακτηριστικό παράδειγμα αξιοποίησης των λαθών σε ένα πρόγραμμα αποτελεί η εργασία των Ginat και Shmallo (2013), οι οποίοι ανέπτυξαν μια προσέγγιση που στοχεύει στη μάθηση μέσα από τα σφάλματα σε περιβάλλον ανάπτυξης Java, στο πλαίσιο ενός εισαγωγικού μαθήματος της Επιστήμης των Υπολογιστών. Οι 52 φοιτητές κολλεγίου, υποκείμενα της έρευνας, κλήθηκαν να περιγράψουν τα αποτελέσματα της εκτέλεσης ενός συγκεκριμένου

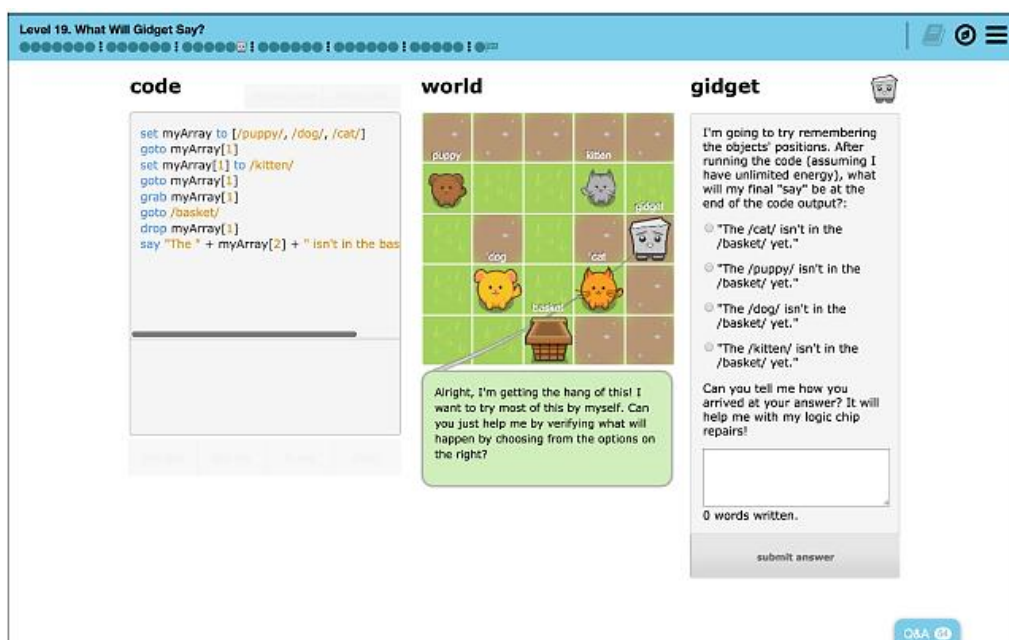
κώδικα, να αξιολογήσουν λειτουργίες διαφόρων εντολών και να αναπτύξουν κώδικα, είτε απ' την αρχή, είτε από ένα τμήμα κώδικα που τους δόθηκε. Οι δραστηριότητες αυτές ήγειραν γνωστικές συγκρούσεις, καθώς οι συμμετέχοντες έφτασαν σε ένα σημείο στο οποίο συνειδητοποιούσαν ότι δεν μπορούσαν να τις ολοκληρώσουν με επιτυχία βασιζόμενοι στις εναλλακτικές τους ιδέες για τις έννοιες του προγραμματισμού. Οι περιγραφές των φοιτητών για τις ενέργειές τους, οι συζητήσεις σε ζευγάρια και ο προβληματισμός στην ολομέλεια βοήθησαν στην εμβάθυνση της κατανόησης των εννοιών και ενίσχυσαν τις μεταγνωστικές τους στρατηγικές.



Εικόνα 15. Παιχνίδι που περιλαμβάνει τις μεταβλητές στο περιβάλλον του DeBugger (Yoon κ.ά., 2014)

Οι Yoon κ.ά. (2014) εντάσσονται στην ομάδα εκείνων των ερευνητών που προσέγγισαν την εκσφαλμάτωση ως μια παιγνιώδη δραστηριότητα. Για τον σκοπό αυτό, εισήγαγαν ένα μαζικό διαδικτυακό παιχνίδι ρόλων πολλαπλών παικτών (massively multiplayer online role-playing game· MMORPG), το *DeBugger*. Το παιχνίδι εγκολπώνει πολλά μικρότερα παιχνίδια (mini games, βλ. Εικόνα 15) σε μια διαδικτυακή κοινότητα μαθητευόμενων, στην οποία οι τελευταίοι βρίσκονται αντιμέτωποι με εικονικούς «κοριούς» (bugs) και τους νικούν με την επίλυση προγραμματιστικών γρίφων. Οι ερευνητές υποστηρίζουν τη θετική επίδραση του παιχνιδιού στη μάθηση εννοιών της Επιστήμης των Υπολογιστών και την κοινωνική αλληλεπίδραση των μαθητών κατά τη μάθηση.

Την προσέγγιση της εκσφαλμάτωσης μέσω του παιχνιδιού υιοθέτησε και ο Lee (2015), ο οποίος δημιούργησε το *Gidget* (βλ. Εικόνα 16), ένα διαδικτυακό παιχνίδι εντοπισμού σφαλμάτων για τη διδασκαλία εννοιών του προγραμματισμού σε αρχάριους. Στόχος των παιχτών και σε αυτό το παιχνίδι είναι η καθοδήγηση ενός ρομποτικού χαρακτήρα για να επιλύσει διάφορους γρίφους εντοπισμού σφαλμάτων, μέσα από την επιθεώρηση, την τροποποίηση και τη δοκιμή τμημάτων κώδικα. Σε κάθε επίπεδο καλύπτεται μια έννοια ή ένα σύνολο εννοιών του προγραμματισμού, όπως για παράδειγμα οι λογικοί τελεστές, οι βρόχοι και οι πίνακες. Η συμμετοχή 68 μαθητών 13–19 ετών στον πειραματικό σχεδιασμό έδειξε ότι η επίλυση των γρίφων στο περιβάλλον του παιχνιδιού μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη της πρακτικής της εκσφαλμάτωσης.



Εικόνα 16. Γρίφος πρόβλεψης του αποτελέσματος της εκτέλεσης του κώδικα στο παιχνίδι Gidget (Lee, 2015, σ. 152)

Στον οδηγό *Creative Curriculum Guide* που συνοδεύει το λογισμικό οπτικού προγραμματισμού Scratch, οι δημιουργοί τάσσονται υπέρ μιας δημιουργικής χρήσης του υπολογιστή, προτείνοντας δραστηριότητες που εντάσσονται σε θεματικές κατηγορίες, όπως κινούμενα σχέδια, ιστορίες και ηλεκτρονικά παιχνίδια (Brennan κ.ά., 2014). Σε κάθε ενότητα προτείνονται δραστηριότητες-προκλήσεις (challenges) εκσφαλμάτωσης προγραμμάτων με στόχο οι μαθητές να διερευνήσουν τον εσφαλμένο κώδικα και να δοκιμάσουν πιθανές λύσεις για να τον επιδιορθώσουν. Δεδομένου ότι ο προγραμματισμός λαμβάνει χώρα σε ένα

περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού, οι προκλήσεις εκσφαλμάτωσης δεν αφορούν λάθη στο συντακτικό της γλώσσας προγραμματισμού, παρά στην πρακτική της ΥΣ που αφορά τη δοκιμή της λειτουργίας του προγράμματος και της επιδιόρθωσής του όταν προκύψουν προβλήματα.

Τέλος, η πρόσφατη έρευνα των Wong & Jiang (2018) έδειξε ότι οι 83 μαθητές Ε' τάξης Δημοτικού σχολείου που συμμετείχαν σε δραστηριότητες τόσο προγραμματισμού με χρήση υπολογιστή, όσο και «αποσυνδεδεμένων», για την ανάπτυξη της αλγοριθμικής τους σκέψης και της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης με χρήση παραδειγμάτων σφαλμάτων στο Scratch, βελτίωσαν σημαντικά την ικανότητά τους για εντοπισμό σφαλμάτων. Η υπολογιστική πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης φαίνεται ότι μπορεί να αναπτυχθεί ακόμα και σε μαθητές μικρότερης ηλικίας. Ειδικότερα, η έρευνα μικτών μεθόδων των Strawhacker κ.ά. (2018) έδειξε ότι η συμμετοχή των 222 μαθητών σε δραστηριότητες προγραμματισμού στο περιβάλλον *ScratchJr* μεταξύ των άλλων οδήγησε σε μεγαλύτερη ευχέρεια εντοπισμού και διόρθωσης σφαλμάτων στον κώδικα.

Πίνακας 7. Έρευνες ανάπτυξης της ΥΣ μέσω δραστηριοτήτων εκσφαλμάτωσης

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
Ginat & Shmallo (2013)	52 φοιτητές Πανεπιστημίου	Στο πλαίσιο μιας προσέγγισης που στόχευε στη μάθηση μέσα από τα σφάλματα σε περιβάλλον ανάπτυξης Java, οι περιγραφές των φοιτητών για τις ενέργειές τους, οι συζητήσεις σε ζευγάρια και στην ολομέλεια βοήθησαν στην κατανόηση εννοιών του προγραμματισμού και ενίσχυσαν τις μεταγνωστικές στρατηγικές των συμμετεχόντων.
Yoon κ.ά. (2014)	29 φοιτητές Πανεπιστημίου	Η αξιοποίηση ενός μαζικού διαδικτυακού παιχνιδιού ρόλων πολλαπλών παικτών σε μια διαδικτυακή κοινότητα μαθητευόμενων για την επίλυση εικονικών σφαλμάτων (bugs) επιδρά θετικά στη μάθηση εννοιών της Επιστήμης των Υπολογιστών και στην κοινωνική αλληλεπίδραση των μαθητών κατά τη μάθηση.

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
Lee (2015)	68 μαθητές 13–19 ετών	Η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης σε ένα διαδικτυακό παιχνίδι που περιλαμβάνει γρίφους εντοπισμού σφαλμάτων για την επίτευξη στόχων μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη της πρακτικής της εκσφαλμάτωσης.
Wong & Jiang (2018)	83 μαθητές Ε' τάξης Δημοτικού σχολείου	Η συμμετοχή σε δραστηριότητες τόσο προγραμματισμού με χρήση υπολογιστή, όσο και «αποσυνδεδεμένων», με χρήση παραδειγμάτων σφαλμάτων στο Scratch, βελτίωσαν σημαντικά την ικανότητα εντοπισμού σφαλμάτων.
Michaeli & Romeike (2019)	28 μαθητές 15 ετών	Η εστιασμένη διδασκαλία στρατηγικών εκσφαλμάτωσης μπορεί να βελτιώσει σε στατιστικά σημαντικό βαθμό τις δεξιότητες εύρεσης και επιδιόρθωσης σφαλμάτων κώδικα, όπως και της αυτοαντίληψης της αποτελεσματικότητας στις ίδιες διαδικασίες.

4.2.3.4 Δραστηριότητες διασκευής έργων (remixing)

Συνιστώσες της ΥΣ, όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 3, αποτελούν και οι στάσεις της ΥΣ, οι οποίες απορρέουν από τη ανάγκη για συνειδητοποίηση ότι η χρήση του υπολογιστή αποτελεί μέσο δημιουργίας, αναγνώρισης της δύναμης της δημιουργίας μαζί με άλλους και προσφοράς σε άλλους για την προσέγγιση προβλημάτων που αφορούν τον πραγματικό κόσμο (Brennan & Resnick, 2012). Οι διαδικασίες της ΥΣ, λοιπόν, υποστηρίζεται ότι είναι ανάγκη να τοποθετηθούν σε ένα νέο πλαίσιο, εξαιτίας της δημιουργικής και κοινωνικής τους φύσης, σημαίνοντας το πέρασμα από την ΥΣ στην *υπολογιστική συμμετοχικότητα* (computational participation· Kafai, 2016).

Παραφράζοντας τα λόγια του παιδαγωγού και φιλόσοφου Paulo Freire, σύμφωνα με τον οποίο «διαβάζοντας κάποιος τη λέξη, διαβάζει και τον κόσμο», η Kafai (2016, σ. 27) υποστήριξε πως στη νέα αυτή εποχή για την ΥΣ «διαβάζοντας κάποιος τον κώδικα, διαβάζει και τον κόσμο». Χαρακτηριστικό της υπολογιστικής συμμετοχικότητας είναι η μετατόπιση του

ενδιαφέροντος από τα εργαλεία και τον κώδικα προς την κοινότητα και το πλαίσιο, μέσω μιας διεύρυνσης της ΥΣ σε τρεις διαφορετικές διαδρομές. Η πρώτη διαδρομή διεύρυνσης της ΥΣ αφορά τη μετατόπιση από τη δημιουργία κώδικα προς τη δημιουργία εφαρμογών που μπορούν να διαμοιραστούν, καθώς ο προγραμματισμός συνιστά έναν τρόπο δημιουργίας και ύπαρξης στον ψηφιακό κόσμο, παρά μια αφηρημένη δραστηριότητα. Η δεύτερη διαδρομή συνίσταται στη μετάβαση από τα εργαλεία στις κοινότητες, καθώς η κωδικοποίηση από μόνη της, ως μια «μοναχική» δραστηριότητα, δεν είναι αρκετή, αλλά απαιτεί ένα κοινό στο οποίο να απευθύνεται και από το οποίο να αντιμετωπίζεται κριτικά. Η μετάβαση αυτή πραγματώνεται μέσα από τις διαδικτυακές κοινότητες διαφόρων περιβαλλόντων οπτικού προγραμματισμού, όπου οι προγραμματιστές μοιράζονται τα έργα τους με άλλα μέλη της κοινότητας, παρέχουν ανατροφοδότηση και παρεμβαίνουν σε έργα άλλων μελών, τροποποιώντας ή εμπλουτίζοντάς τα. Η τελευταία δραστηριότητα, της παρέμβασης στα έργα άλλων μελών, συνιστά την τρίτη διαδρομή προς έναν λιγότερο ατομικιστικό και περισσότερο κοινωνικό χαρακτήρα της ΥΣ.

Η ιδέα της οικειοποίησης (appropriation) και της διασκευής (remixing) είναι αρκετά παλαιότερη, καθώς η Bruckman (1998) είχε επισημάνει πριν περίπου 20 χρόνια τη σημασία της κοινότητας για τη συνεργατική εργασία και τη μάθηση στο Διαδίκτυο. Αναφέρθηκε, ειδικότερα, στην υποστήριξη που μπορεί να παρέχεται στον μαθητευόμενο σε ένα κονστρουκτιβιστικής φιλοσοφίας περιβάλλον εικονικής πραγματικότητας που βασίζεται σε κείμενο και απευθύνεται σε μαθητές 8 ως 13 ετών. Η εμπειρία της με περισσότερα από 180 παιδιά έδειξε ότι η κοινότητα μπορεί να παρέχει ουσιαστική υποστήριξη στις μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών, μέσα από παροχή προτύπων (role models), συναισθηματική υποστήριξη για την υπέρβαση του άγχους χρήσης της τεχνολογίας, τεχνική υποστήριξη αλλά και ένα ευχάριστο κοινό για την παρουσίαση των ολοκληρωμένων εργασιών.

Ο Jenkins (2009) επεσήμανε τη μεγάλη διάδοση της συμμετοχικής κουλτούρας (participatory cultures) κατά την εποχή του, με τη μορφή κοινοτήτων που επέτρεπαν εύκολη συμμετοχή των μελών τους για την καλλιτεχνική έκφραση και την ισχυρή αλληλοϋποστήριξη στο πλαίσιο της δημιουργίας και του διαμοιρασμού των δημιουργιών τους. Αυτές οι μορφές συμμετοχικής κουλτούρας χαρακτηρίζονται από κάποιο είδος άτυπης καθοδήγησης των αρχαρίων από τους πιο έμπειρους, αν και υποστηρίζεται πως υπονομεύονται συχνά από χάσματα του βαθμού συμμετοχής σ' αυτές. Ενίοτε, δηλαδή, παρατηρείται άνιση πρόσβαση των κοινωνικών ομάδων και ζητήματα διαφάνειας, δηλαδή δυσκολίες συνειδητοποίησης από την πλευρά των μελών της αξίας της συμμετοχής τους, όπως και προκλήσεις που σχετίζονται

με ζητήματα δεοντολογίας, τα οποία απορρέουν από την κατάρρευση των παραδοσιακών μορφών επαγγελματικής κατάρτισης και κοινωνικοποίησης.

Έκτοτε, η άποψη που επικρατεί στην επιστημονική κοινότητα είναι εκείνη της υποστήριξης των διαδικασιών διασκευής, με την ιδέα ότι εκθέτουν τους χρήστες σε υλικό που έχει δημιουργηθεί από άλλους δημιουργούς, οι οποίοι διαθέτουν διαφορετικές δεξιότητες, γνώσεις και εμπειρίες, προωθώντας έτσι τη μάθηση (Dasgupta κ.ά., 2016· Fields κ.ά., 2017). Σύμφωνα με τους πολύ λιγότερους σε πλήθος επικριτές της, η διασκευή μπορεί να οδηγήσει σε ανιαρά και κακής ποιότητας νέα έργα (Keen, 2007· Lanier, 2010). Κατά τους Hill και Monroy-Hernández (2013), πάντοτε υπάρχει η δυσκολία του συμβιβασμού ανάμεσα στην αυθεντικότητα και την παραγωγικότητα, καθώς το έντονο ενδιαφέρον για διασκευή ενός συγκεκριμένου έργου από τα μέλη μιας κοινότητας θα μπορούσε να τα αποπροσανατολίζει από την προσπάθεια δημιουργίας νέων, πρωτότυπων έργων.

Υποστηρίζεται ότι το Διαδίκτυο ήταν εκείνο που πυροδότησε την ευρεία πολιτισμική στροφή που σχετίζεται με τη διασκευή (Lessig, 2008). Η διασκευή έργων στο Διαδίκτυο, κατά τους Dasgupta κ.ά. (2016), είναι πολύ σημαντική για τρεις λόγους: Αρχικά, θεωρούν πως εκ πρώτης όψεως συνιστά μια κοινωνικά ωφέλιμη δραστηριότητα, χάρη στην οποία επιτυγχάνεται η εύκολα προσβάσιμη και χαμηλού οικονομικού κόστους συμμετοχικότητα. Επιπλέον, υποστηρίζουν πως μπορεί να οδηγήσει σε υψηλής ποιότητας πληροφορία και έργα, μέσα από τη σύνθεση πολλών μικρότερων τεμαχίων γνώσης, όπως συμβαίνει στην περίπτωση των ανοιχτού κώδικα προγραμμάτων και της πολυγλωσσικής, διαδικτυακής εγκυκλοπαίδειας ελεύθερου περιεχόμενου, *Wikipedia*. Τέλος, η διασκευή αναδεικνύεται ως σημαντική δραστηριότητα, χάρη στην προαγωγή της μάθησης μέσω αυτής της διαδικασίας συμμετοχικής δημιουργίας της πληροφορίας.

Δεδομένου ότι η διασκευή στο Διαδίκτυο εξ ορισμού πραγματοποιείται συχνότερα σε λιγότερο παραδοσιακά πλαίσια διδασκαλίας, μακριά από την παραδοσιακή οργάνωσή της στο εσωτερικό μιας σχολικής αίθουσας, ο Xing (2021) πρότείνει την προσέγγιση των διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα σε ένα τέτοιο πλαίσιο με βάση την κοινωνιογνωστική θεωρία μάθησης (social cognitive theory) του Bandura (2001), η οποία βασίζεται στην έννοια της *τριαδικής αμοιβαίας αιτιοκρατίας* (triadic reciprocal determinism). Σύμφωνα με την έννοια αυτή, γνωστικοί, περιβαλλοντικοί και συμπεριφορικοί παράγοντες επηρεάζουν αποφασιστικά το κοινωνιογνωστικό σύστημα και το οδηγούν στην τελική του μορφή. Η θεωρία μάθησης του κονστρουκτιβισμού, ακόμα, στην οποία βασίστηκε ο σχεδιασμός του Scratch και της

διαδικτυακής του κοινότητας, υποστηρίζει την ιδέα της ανάπτυξης εννοιών του προγραμματισμού μέσα από τη διασκευή έργων άλλων δημιουργών εντός μιας διαδικτυακής κοινότητας (Brennan & Resnick, 2013· Brennan κ.ά., 2011· Papert, 1980· Resnick κ.ά., 2009). Ειδικότερα, σύμφωνα με τις κονστρουκτιβιστικές θεωρίες, η μάθηση είναι περισσότερο αποτελεσματική, όταν κατασκευάζονται *δημόσιες οντότητες* (public entities), οι οποίες είναι ενταγμένες σε ένα κοινωνικό πλαίσιο και έτσι καθιστούν τη γνώση πιο αποτελεσματική και νοηματοδοτημένη (Papert, 1976).

Παρά το γεγονός ότι η έρευνα έχει εστιάσει σε ζητήματα που αφορούν τη διασκευή, μεγαλύτερη έμφαση έχει δοθεί στη δυναμική των σχέσεων που αναπτύσσονται στο εσωτερικό μιας κοινότητας χρηστών και ειδικότερα σε ζητήματα άνισης συμμετοχής των μελών, προτίμησης προς συγκεκριμένα έργα για ανάμειξή τους και σε ζητήματα πνευματικών δικαιωμάτων. Δεν έχει, επομένως, ελεγχθεί εμπειρικά σε επαρκή βαθμό η υπόθεση ότι η επαναχρησιμοποίηση και η διασκευή λειτουργεί ως ένας αποδοτικός τρόπος επίτευξης της μάθησης και της ανάπτυξης της ΥΣ (Dasgupta κ.ά., 2016· Xing, 2021).

Ωστόσο, η ποσοτική έρευνα των Dasgupta κ.ά. (2016) μελέτησε πάνω από δύο εκατομμύρια έργα από τη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch, τα οποία ανήκαν σε περισσότερους από ένα εκατομμύριο διαφορετικούς χρήστες. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι οι χρήστες που ασχολούνται πιο συχνά με τη διασκευή αξιοποιούν και μεγαλύτερο εύρος εντολών, ενώ η επαφή τους με έννοιες της ΥΣ μέσα από τη διασκευή συσχετίζεται με αυξημένη πιθανότητα για αξιοποίηση αυτών των εννοιών. Συνολικά, υποστηρίζουν πως η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες επαναχρησιμοποίησης και διασκευής είναι δυνατό να προωθήσει τη μάθηση στην Επιστήμη των Υπολογιστών. Την αξία της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής για τη μάθηση είχαν επισημάνει και οι Roque κ.ά. (2012), οι οποίοι οργάνωσαν δύο διαδικτυακές συναντήσεις συνεργασίας, το *Collab Challenge* και το *Camp Collab*, στις οποίες μέλη της κοινότητας του Scratch κλήθηκαν να συνεργαστούν σε δραστηριότητες προγραμματισμού. Η έρευνα του Xing (2021) έδειξε, επίσης, ότι η συμμετοχή περισσότερων από 100.000 μαθητών σε δραστηριότητες διασκευής μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ, αλλά επίσης επεσήμανε ότι η υπερβολική έκθεση μπορεί να υπονομεύει την ανάπτυξή τους.

Τέλος, όπως και στις προηγούμενες έρευνες που έλαβαν χώρα με δεδομένα από τη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch, έτσι και σε έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε τυπικές σχολικές τάξεις φάνηκαν πιθανά οφέλη από τη συνεργασία μεταξύ εταίρων, ειδικότερα

ζευγαριών μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Οι 320 μαθητές Γυμνασίου, ειδικότερα, που εργάστηκαν σε δραστηριότητες προγραμματισμού φάνηκε πως επωφελήθηκαν ως προς την ανάπτυξη της ΥΣ όταν εργάστηκαν σε ζευγάρια. Περισσότερο επωφελήθηκαν, κυρίως, οι λιγότερο έμπειροι στον προγραμματισμό, ενώ οι περισσότεροι έμπειροι σε σχέση με τον συνεργάτη τους σημείωσαν μεγαλύτερη αύξηση του βαθμού εμπιστοσύνης τους απέναντι στη χρήση του υπολογιστή και πιο θετικές στάσεις απέναντι στον προγραμματισμό (Denner κ.ά., 2014).

Πίνακας 8. Έρευνες ανάπτυξης της ΥΣ μέσω δραστηριοτήτων διασκευής έργων

Έρευνα	Δείγμα	Σημαντικότερα Ευρήματα
Dasgupta κ.ά. (2016)	Περισσότεροι από 1 εκατομμύριο χρήστες της διαδικτυακής κοινότητα του Scratch	Η ανάλυση περισσότερων από δύο εκατομμυρίων έργων που αντλήθηκαν από τη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch έδειξε ότι οι χρήστες που ασχολούνται πιο συχνά με τη διασκευή έργων αξιοποιούν και μεγαλύτερο εύρος εντολών, ενώ η επαφή τους με έννοιες της ΥΣ μέσα από τη διασκευή συσχετίζεται με αυξημένη πιθανότητα για αξιοποίηση αυτών των εννοιών. Συνολικά, η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες διασκευής είναι δυνατό να προωθήσει τη μάθηση στην Επιστήμη των Υπολογιστών.
Xing (2021)	Περισσότεροι από 100.000 χρήστες της διαδικτυακής κοινότητα του Scratch	Η ανάλυση περισσότερων από 200.000 έργων που αντλήθηκαν από τη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch έδειξε ότι η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες διασκευής μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη της ΥΣ, αλλά η υπερβολική έκθεση σε έργα άλλων χρηστών και στη διασκευή τους μπορεί να υπονομεύει την ανάπτυξή της.

4.2.4 Προκλήσεις κατά τη διδασκαλία του προγραμματισμού

Κατά τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η διδασκαλία του προγραμματισμού σε μαθητές δευτεροβάθμιας, κυρίως, εκπαίδευσης βασίστηκε σε γλώσσες προγραμματισμού που σχεδιάστηκαν για αξιοποίηση από επαγγελματίες. Οι γλώσσες αυτές, δεδομένου ότι χαρακτηρίζονται από πολύπλοκο συντακτικό, δημιούργησαν μεγάλη δυσκολία στους μαθητούμενους και ειδικά σε άτομα που έρχονταν για πρώτη φορά σε επαφή με τον προγραμματισμό (Jenkins, 2002). Ανεξάρτητα, όμως, από τις γλώσσες προγραμματισμού που αξιοποιήθηκαν στη διδασκαλία, παρατηρήθηκαν μειωμένα κίνητρα των μαθητών για ενασχόληση με τον προγραμματισμό, που αποδόθηκαν στη διδακτική μεθοδολογία που συχνότερα επιλέχθηκε (Lahtinen κ.ά., 2005· Schulte & Bennedsen, 2006). Η τελευταία περιελάμβανε συνήθως παραδοσιακές διδακτικές μεθόδους, με διαλέξεις και ασκήσεις που εστίασαν στο συντακτικό των γλωσσών προγραμματισμού, σε συνδυασμό με πρακτικές εφαρμογές σε εργαστήρια Πληροφορικής (Bennedsen & Caspersen, 2007).

Μια από τις βασικότερες δυσκολίες που έχουν αντιμετωπίσει οι αρχάριοι προγραμματιστές αφορά τη διαχείριση αφηρημένων εννοιών καθώς εμπλέκονται σε μια διαδικασία κατανόησης ενός προβλήματος, αναγνώρισης των βημάτων προς την επίλυσή του και σχεδιασμού μιας λύσης του. Η αποσύνθεση του προβλήματος και της λύσης του και η πρόβλεψη πιθανών λαθών στον κώδικα, δηλαδή προτού αυτός εκτελεστεί, αποτελούν σημεία που δημιουργούν προβλήματα στους αρχάριους προγραμματιστές (Esteves κ.ά., 2008). Οι νέοι προγραμματιστές, ακόμα, αντιμετωπίζουν σοβαρές δυσκολίες στην κατανόηση βασικών για τον προγραμματισμό εννοιών, όπως είναι οι μεταβλητές, δεδομένου ότι δεν υπάρχουν αναλογίες με έννοιες της καθημερινής ζωής (Lahtinen κ.ά., 2005· Miliszewka & Tan, 2007). Σύμφωνα, μάλιστα, με τους Lahtinen κ.ά. (2005), ακόμα και όταν ξεπεραστούν οι παραπάνω δυσκολίες, οι προγραμματιστές καλούνται να αντιμετωπίσουν τις ιδιαιτερότητες της γλώσσας προγραμματισμού με την οποία πρόκειται να εργαστούν.

Ζητήματα κοινωνικών στερεότυπων, ακόμα, ενδέχεται να επηρεάζουν την εκπροσώπηση συγκεκριμένων κοινωνικών ομάδων στην εκμάθηση του προγραμματισμού. Στερεότυπα φύλου, για παράδειγμα, συχνά οδηγούν σε χαμηλά ποσοστά ενασχόλησης των γυναικών με τον προγραμματισμό (Doube & Lang, 2012). Ισχυρή επίδραση των στερεότυπων παρατηρείται και στο πεδίο των STEM, όπου οι γυναίκες εκφράζουν μειωμένη αίσθηση αυτοαποτελεσματικότητας σε σχέση με τους άντρες. Η αντίληψη αυτή παρατηρείται από τις μικρές ηλικίες μέχρι τις σπουδές τριτοβάθμιας εκπαίδευσης (Cohoon & Asprey, 2006).

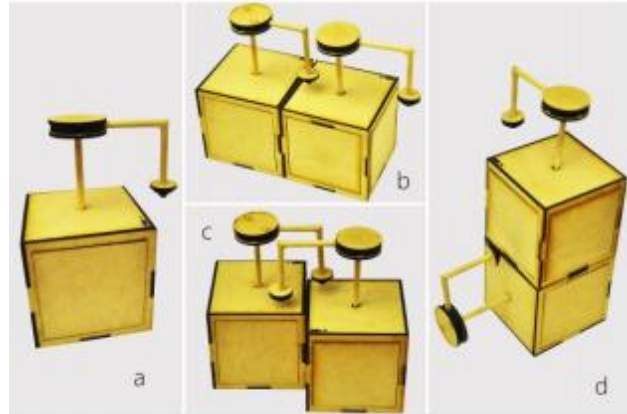
Στον τομέα των STEM που αφορά την τεχνολογία, φαίνεται πως οι άντρες νιώθουν πιο μεγάλη αυτοπεποίθηση στην ικανότητά τους να μάθουν και να πετύχουν τους στόχους τους (Singh κ.ά., 2007). Οι Doube και Lang (2012) συμπέραναν ότι υπάρχει ψυχολογική αποστροφή των γυναικών προς τον τομέα των υπολογιστών, εξαιτίας των στερεότυπων που επικρατούν. Το συμπέρασμά τους βασίστηκε στο γεγονός ότι όταν ένας κύκλος μαθημάτων που σχετιζόταν με τους υπολογιστές αφαιρέθηκε από ένα πανεπιστημιακό τμήμα Φυσικών επιστημών και εντάχθηκε σε ένα άλλο, Ανθρωπιστικών επιστημών, παρατηρήθηκε υψηλότερο ποσοστό παρακολούθησης από φοιτήτριες και μεγαλύτερη αίσθηση απόκτησης χρήσιμων για τη μετέπειτα επαγγελματική πορεία τους γνώσεων. Μαθήτριες δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης, ακόμα, έχει παρατηρηθεί ότι σημειώνουν χαμηλό ενδιαφέρον προς τους υπολογιστές εξαιτίας του άγχους, της απομόνωσης και της χαμηλής αυτοπεποίθησης που πηγάζουν από το κλίμα εντός της τάξης (Pau κ.ά., 2011).

Προκειμένου να ξεπεραστούν δυσκολίες σαν τις προαναφερθείσες, που δημιουργούν εμπόδια στην εκμάθηση των δεξιοτήτων του προγραμματισμού, έχουν αναπτυχθεί ποικίλα χρήσιμα εργαλεία και δραστηριότητες. Πρωτοπόρος στη δημιουργία ενός περιβάλλοντος, ελκυστικού για τις μικρές ηλικίες, που ταυτόχρονα επιτυγχάνει να ενθυλακώνει σημαντικές έννοιες του προγραμματισμού, υπήρξε ο Seymour Papert, από τη δεκαετία του '60 (Papert, 1980). Χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος της LOGO, που σχεδίασε, μπορεί κανείς να συναντήσει σε περιβάλλοντα της εποχής μας, όπως φάνηκε στο Κεφάλαιο 4.2.3. Επίκεντρό της υπήρξε η μορφή της χελώνας, την οποία μπορεί ο προγραμματιστής να δει στην οθόνη, αντίστοιχα με τα αντικείμενα του Scratch ή άλλων περιβαλλόντων, αλλά και το γεγονός ότι οι εντολές της LOGO ελέγχουν τη χελώνα αυτή με τρόπο που μπορεί να αναπαρασταθεί από τα παιδιά χρησιμοποιώντας το σώμα τους. Παρέχεται, έτσι, οπτική ανατροφοδότηση του αποτελέσματος που επιφέρουν οι εντολές σε μια χελώνα ή έναν άνθρωπο, όπως θα μπορούσαν να λαμβάνουν χώρα και στην πραγματικότητα (Bocconi κ.ά., 2016).

4.2.5 Προγραμματισμός στην πραγματική ζωή/ φυσικό κόσμο

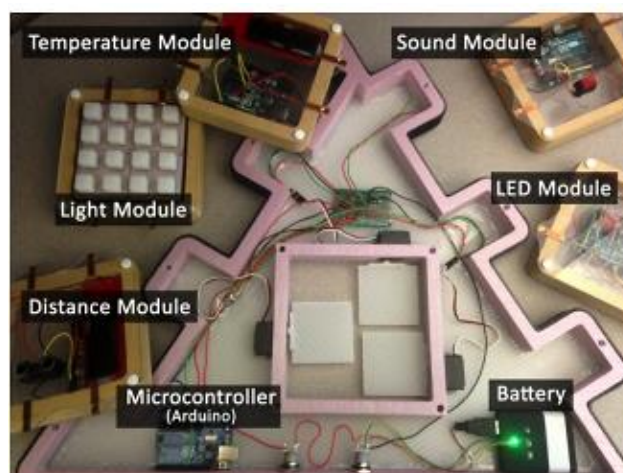
Ένα ακόμη εργαλείο που έχουν στη διάθεσή τους οι διδάσκοντες για την ανάπτυξη του υπολογιστικού τρόπου σκέψης των μαθητών τους είναι η δημιουργία αλγόριθμων, των οποίων τα αποτελέσματα γίνονται άμεσα φανερά σε φυσικά αντικείμενα. Στην κατηγορία αυτή κυριαρχεί η διαφοροποίηση ανάμεσα στα προγραμματιζόμενα παιχνίδια, τα οποία ενσωματώνουν ένα σύστημα πλήκτρων για τον άμεσο προγραμματισμό των ενεργειών τους,

και των ρομποτικών κατασκευών, οι οποίες ελέγχονται από τις εντολές που περιλαμβάνονται σε έναν πηγαίο κώδικα (source code), γραμμένο σε μια ψηφιακή συσκευή, όπως έναν υπολογιστή, μία ταμπλέτα (tablet) ή ένα κινητό (Moreno-León κ.ά., 2018).



Εικόνα 17. Το προγραμματιζόμενο παιχνίδι *Algo.Rhythm* (Peng, 2012, σ. 402)

Χαρακτηριστικά παραδείγματα προγραμματιζόμενων παιχνιδιών είναι τα *Algo.Rhythm* και *CyberPLAYce*. Το πρώτο είναι ένα υπολογιστικό κουτί με ένα τύμπανο (βλ. Εικόνα 17), το οποίο καταγράφει μοτίβα του πραγματικού κόσμου, που προκύπτουν από την επαφή του ανθρώπου μαζί του, καθώς ο τελευταίος το αγγίζει. Στη συνέχεια, επαναλαμβάνει αυτά τα μοτίβα με χτύπους του τύμπανου στην επιφάνειά του. Ο προγραμματισμός του τύμπανου και η εκδήλωση της συμπεριφοράς-αποτελέσματος του προγραμματισμού βοηθά τα παιδιά να κατανοήσουν συνιστώσες της ΥΣ, όπως οι ακολουθίες, οι βρόχοι και η επανάληψη τμημάτων κώδικα (Peng, 2012).



Εικόνα 18. Το προγραμματιζόμενο παιχνίδι *CyberPLAYce* (Soleimani κ.ά., 2016, σ. 159).

Το CyberPLAYce (βλ. Εικόνα 18) είναι ένα «απτό, διαδραστικό, κυβερνο-φυσικό» εκπαιδευτικό εργαλείο για παιδιά, που αναπτύσσει την ΥΣ μέσω της δημιουργίας αφηγήσεων (Soleimani κ.ά., 2016). Το προγραμματιζόμενο αυτό παιχνίδι αποτελείται από διάφορα τμήματα, όπως μια μπαταρία, κυκλώματα ήχου, φωτός, απόστασης, θερμοκρασίας και έναν μικροελεγκτή (microcontroller) *Arduino*. Το ιδιαίτερο χαρακτηριστικό του είναι η επέκταση της κυβερνο-μάθησης (cyber-learning) στη διάσταση του χώρου, όπου τα παιδιά κατασκευάζουν νοήματα σε μεγαλύτερη φυσική κλίμακα και αναπτύσσουν συνιστώσες της ΥΣ.

Για την κατηγορία των προγραμματιζόμενων συσκευών μέσω μιας άλλης ψηφιακής συσκευής χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτελούν τα πακέτα της LEGO, όπως το *LEGO WeDo* (βλ. Εικόνα 19) για το Δημοτικό σχολείο και το *LEGO Mindstorms* (<http://education.lego.com/en-us/middle-school/intro/mindstorms-ev3>) για τις μεγαλύτερες τάξεις του Δημοτικού σχολείου και κυρίως για το Γυμνάσιο-Λύκειο. Τα πακέτα αυτά αποτελούνται από πολλά κομμάτια («τουβλάκια»), που συναρμολογούνται για τη δημιουργία μιας ρομποτικής κατασκευής. Ένα από τα κομμάτια του πακέτου επικοινωνεί με τη συσκευή στην οποία «γράφεται» ο κώδικας και μεταφέρει σ' αυτή τις εντολές, ενώ άλλα διαθέτουν ενσωματωμένους αισθητήρες.

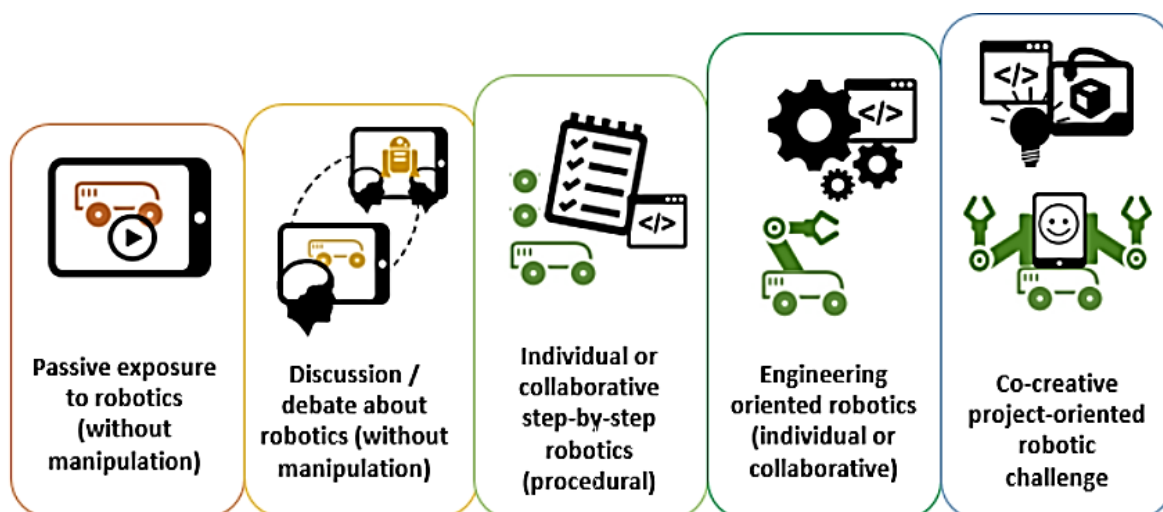


Εικόνα 19. Η προγραμματιζόμενη συσκευή *LEGO® WeDo* (<http://education.lego.com/en-us>)

Οι εκπαιδευτικές εφαρμογές των παραπάνω συσκευών έχουν απασχολήσει έντονα τους ερευνητές που διερευνούν την ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ σε αρχάριους προγραμματιστές και ιδιαίτερα σε μαθητές. Βασικός λόγος για τον οποίο επιλέγεται το υλικό αυτού του είδους αποτελεί το γεγονός ότι οι μαθητές παρατηρούν άμεσα τις λειτουργίες των ρομποτικών κατασκευών τους καθώς αυτές αλληλεπιδρούν με τον φυσικό κόσμο και τα λάθη που

ενδεχομένως έχουν κάνει κατά τον προγραμματισμό τους (Flórez κ.ά., 2017). Η παραπάνω διαδικασία οδηγεί σε μια αυθόρμητη διαδικασία εκσφαλμάτωσης από τους μαθητές, όταν παρατηρούν ότι το ρομπότ που κατασκεύασαν δεν επιδεικνύει τη συμπεριφορά για την οποία το προγραμματίσαν.

Οι Komis κ.ά. (2017) πρότειναν μια ταξινόμια των δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής με κριτήριο τον βαθμό εμπλοκής των μαθητών στη διαδικασία της οικοδόμησης της γνώσης (βλ. Εικόνα 20). Στο κατώτατο επίπεδο της ταξινόμιας εντάσσονται οι δραστηριότητες εκείνες κατά τις οποίες οι μαθητές παρακολουθούν διαλέξεις των διδασκόντων για τη ρομποτική ή τη λειτουργία ενός ρομπότ, χωρίς να χειρίζονται οι ίδιοι ρομποτικές κατασκευές. Στο επόμενο επίπεδο, οι μαθητές εξακολουθούν να μη χειρίζονται ρομποτικές κατασκευές, αλλά εμπλέκονται σε ομαδικές συζητήσεις σχετικά με ζητήματα που τις αφορούν. Στο μεσαίο επίπεδο, οι μαθητές ακολουθούν λεπτομερείς, βήμα προς βήμα οδηγίες για τον προγραμματισμό που θα οδηγήσει σε ένα προκαθορισμένο αποτέλεσμα, εργαζόμενοι σε κάποιον βαθμό με συνεργατικό τρόπο. Μεγαλύτερο βαθμό δημιουργικότητας και συνεργασίας των μαθητών περιλαμβάνουν οι δραστηριότητες του επόμενου επιπέδου, στις οποίες οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν προβλήματα με συνεργασία εντός της ομάδας τους ή με συνεργασία της ομάδας τους με κάποια άλλη ομάδα. Στο ανώτατο επίπεδο, οι μαθητές συμμετέχουν στην επίλυση ενός ρεαλιστικού προβλήματος που επιλέγουν οι ίδιοι μέσα από τη εργασία με πολλούς συνεργάτες. Τα προβλήματα αυτού του είδους συχνά είναι σύνθετα και οι λύσεις τους μπορούν να αξιοποιηθούν για μια πραγματική προβληματική κατάσταση.



Εικόνα 20. Η ταξινόμια των δραστηριοτήτων εκπαιδευτικής ρομποτικής των Komis κ.ά. (2017, σ. 164)

Η μελέτη των Huang κ.ά. (2013) με 80 μαθητές Ε' και ΣΤ' τάξης δύο Δημοτικών σχολείων έδειξε ότι εκείνοι που δέχτηκαν οδηγίες για προγραμματισμό με χρήση ρομπότ σημείωσαν μεγαλύτερες επιδόσεις στην ικανότητα του προγραμματισμού σε σχέση μ' εκείνους της ομάδας ελέγχου, που έλαβαν οδηγίες με διαγράμματα ροής ή άλλες απεικονίσεις. Επιπλέον, φάνηκε ότι στην πρώτη περίπτωση η αλληλεπίδραση των μαθητών με τον εκπαιδευτικό ήταν πιο αποτελεσματική και ενισχύθηκε ο μαθητοκεντρικός χαρακτήρας της διδασκαλίας. Με μαθητές Δημοτικού σχολείου εργάστηκαν και οι Chatzopoulos κ.ά. (2020) στο πλαίσιο ενός βιωματικού σεμιναρίου, καταλήγοντας στο συμπέρασμα ότι οι μαθητές μπορούν να αναπτύξουν την ΥΣ μέσα από τη συμμετοχή σε δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής, καθώς τα εκπαιδευτικά ρομπότ φαίνεται ότι ενισχύουν την ενασχόληση των μαθητών με τον προγραμματισμό και δημιουργούν ένα δυνητικά αποτελεσματικό πλαίσιο για την ανάπτυξη της ΥΣ.

Οι Atmatzidou και Demetriadis (2016) πραγματοποίησαν διδασκαλίες με την αξιοποίηση υλικού εκπαιδευτικής ρομποτικής με 164 μαθητές ηλικίας 15 και 18 ετών. Οι μαθητές συμμετείχαν στις δραστηριότητες για 2 ώρες την εβδομάδα και συνολικά 11 εβδομάδες. Η αξιολόγηση των επιδόσεών τους στις συνιστώσες της ΥΣ έδειξε ότι οι μαθητές φτάνουν τελικά στο ίδιο επίπεδο ανάπτυξης δεξιοτήτων της ΥΣ ανεξάρτητα από την ηλικία και το φύλο τους, όπως και ότι οι δεξιότητες απαιτούν χρόνο να βελτιωθούν, δεδομένου ότι οι βαθμολογίες των μαθητών στις δοκιμασίες βελτιώνονταν όσο ο χρόνος προχωρούσε.

Θετικά αποτελέσματα, τέλος, έδειξε ότι μπορεί να επιφέρει η εφαρμογή της διδασκαλίας της ΥΣ με την αξιοποίηση πακέτων εκπαιδευτικής ρομποτικής σε μαθητές νηπιαγωγείου. Ειδικότερα, οι 53 μαθητές της έρευνας των Bers κ.ά. (2014) έλαβαν μέρος σε δραστηριότητες ρομποτικής βασισμένες σε κατασκευές, για την κατάκτηση εννοιών του προγραμματισμού και της ΥΣ και έδειξαν ότι μπορούν να τις κατακτήσουν εμπλεκόμενοι σε παιγνιώδεις και ταυτόχρονα ενδιαφέρουσες γι' αυτούς δραστηριότητες.

4.3 Υπολογιστική Σκέψη και δραστηριότητες “Unplugged”

Παρά το γεγονός ότι την πιο συνηθισμένη προσέγγιση στη διδασκαλία των δεξιοτήτων που σχετίζονται με την ΥΣ συνιστά η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες προγραμματισμού με τη χρήση υπολογιστή, αρκετά διαδεδομένη είναι και η προσέγγιση της

διδασκαλίας της ΥΣ μέσα από «αποσυνδεδεμένες» (unplugged) δραστηριότητες, δηλαδή χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών. Οι δραστηριότητες αυτού του είδους περιλαμβάνουν παιχνίδια λογικής, κάρτες, σπάγκους και σωματικές κινήσεις και στάσεις που αντιπροσωπεύουν έννοιες της Επιστήμης των Υπολογιστών, όπως τους αλγόριθμους ή τη ροή των δεδομένων, εστιάζοντας στις ίδιες τις έννοιες και όχι στην εφαρμογή τους με τη χρήση της τεχνολογίας (Brackmann κ.ά., 2017· Moreno-León κ.ά., 2018).

Η αποδέσμευση από τη χρήση των ψηφιακών μέσων για την πραγματοποίηση της διδασκαλίας καθιστά αυτού του είδους τις δραστηριότητες ως μοναδική επιλογή για περιοχές του πλανήτη όπου τα σχολεία δεν είναι εξοπλισμένα με τεχνολογικά μέσα ή ο εξοπλισμός τους δεν είναι επαρκής για πραγματοποίηση άλλου είδους δραστηριοτήτων. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι περιοχές της Ινδίας και της Υποσαχάριας Αφρικής, σύμφωνα με τα στοιχεία της UNESCO (Wallet, 2015). Ωστόσο, ακόμα και σε περιοχές του υπόλοιπου κόσμου, η διάδοση της τεχνολογίας στον πληθυσμό και ειδικότερα στις εκπαιδευτικές μονάδες δεν πρέπει να θεωρείται ομοιόμορφη και επομένως αυτού του είδους οι δραστηριότητες συνηθίζεται να αποτελούν το κύριο εργαλείο διδασκαλίας των συνιστωσών της ΥΣ.

Δραστηριότητες «αποσυνδεδεμένες» από τον υπολογιστή αξιοποιήθηκαν για πρώτη φορά περίπου 20 χρόνια πριν, όταν οι Bell κ.ά. (1998) δημοσίευσαν μια πρόχειρη εκδοχή ενός βιβλίου που απευθύνεται σε όλες τις ηλικίες και κυρίως σε εκπαιδευτικούς Δημοτικού σχολείου και Γυμνασίου. Η απήχυσή του υπήρξε μεγάλη και τα επόμενα χρόνια αποτέλεσε μέρος του Προγράμματος Σπουδών της CSTA (Association for Computing Machinery, 2003). Στις μέρες μας, το *CS Unplugged* (<http://www.csunplugged.org>) αποτελεί μια μεγάλη συλλογή δωρεάν εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων που επιδιώκουν να διδάξουν την Επιστήμη των Υπολογιστών χωρίς τη χρήση ψηφιακών μέσων.

Αρκετές έρευνες έχουν αξιολογήσει δραστηριότητες χωρίς υπολογιστές για να διερευνήσουν τις στάσεις των μαθητών απέναντι στην Επιστήμη των Υπολογιστών πριν και μετά από τη συμμετοχή τους σ' αυτές. Η έρευνα των Taub κ.ά. (2012) διερεύνησε τις στάσεις 78 μαθητών Α' Γυμνασίου με τη χρήση ερωτηματολογίων και συνεντεύξεων, μετά από δίωρες διδακτικές παρεμβάσεις που ακολούθησαν τη λήξη του ωρολογίου προγράμματος του σχολείου. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι δε μεταβλήθηκαν οι στάσεις τους απέναντι στην Πληροφορική, ενώ η άποψή τους σχετικά με το βαθμό στον οποίο οι δραστηριότητες χωρίς τη χρήση υπολογιστή είναι διασκεδαστικές και ενδιαφέρουσες παρουσίασε μείωση. Καμία επίδραση στις στάσεις των μαθητών Γυμνασίου απέναντι στην Επιστήμη των

Υπολογιστών δεν είχαν οι «αποσυνδεδεμένες» δραστηριότητες και στην περίπτωση μιας έρευνας διάρκειας ενός έτους, αν και στόχος των διδακτικών παρεμβάσεων ήταν να ενθαρρυνθούν οι μαθητές για την πραγματοποίηση σπουδών σχετικών με τους υπολογιστές (Feaster κ.ά., 2011).

Μια πρόσφατη έρευνα από τον ευρωπαϊκό χώρο, ωστόσο, κατέληξε σε συμπεράσματα που αντιτίθενται σ' εκείνα των προηγούμενων ερευνών. Το εισαγωγικό μάθημα στην ΥΣ που ολοκληρώθηκε σε έξι μαθήματα 90 λεπτών με μαθητές ΣΤ' Δημοτικού 26 σχολείων στην Ολλανδία έδειξε ότι προσέλκυσε έντονα το ενδιαφέρον μαθητών και διδασκόντων, καθιστώντας το μια πολύ αποτελεσματική εναλλακτική στις δραστηριότητες με χρήση του υπολογιστή (Faber κ.ά., 2017). Σε θετικά αποτελέσματα είχε καταλήξει και η έρευνα των Lambert και Guiffre (2009), στην οποία οι διδασκαλίες σε τρία τμήματα Δ' Δημοτικού για μία φορά την εβδομάδα και τριάντα λεπτά κάθε φορά έδειξαν βελτιωμένη αυτοπεποίθηση και ενδιαφέρον των μαθητών για την Πληροφορική και τα Μαθηματικά.

Αναφορικά με την επίδραση της συγκεκριμένης στρατηγικής στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ, οι Rodriguez κ.ά. (2017) ανέφεραν θετικά αποτελέσματα μετά την εφαρμογή της με 141 μαθητές Γυμνασίου, τόσο στην ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ, όσο και στη βελτίωση των στάσεων απέναντι στην Επιστήμη των Υπολογιστών και τον προγραμματισμό. Ακόμα, στην έρευνα των Kalogiannakis και Kanaki (2020) με 17 μαθητές Β' τάξης του Δημοτικού σχολείου φάνηκε ότι οι παιγνιώδεις, συνεργατικές δραστηριότητες χωρίς χρήση ηλεκτρονικών συσκευών στο πλαίσιο διδασκαλιών που σχετίζονται με τις Φυσικές Επιστήμες μπορούν να είναι αποτελεσματικές για την εισαγωγή της ΥΣ σε μαθητές αυτής της ηλικίας με ευχάριστο για τους ίδιους τρόπο. Τέλος, οι Thies και Vahrenhold (2013) ανέφεραν επίσης ότι η αποτελεσματικότητα των «αποσυνδεδεμένων» δραστηριοτήτων για την ανάπτυξη της ΥΣ είναι ισάξια εκείνης των δραστηριοτήτων με χρήση υπολογιστή, ενώ σε παρόμοια συμπεράσματα κατέληξαν και οι Brackmann κ.ά. (2017). Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας, ωστόσο, δείχνει ότι υπάρχει ανάγκη για περισσότερα εμπειρικά δεδομένα σχετικά με την αποτελεσματικότητα των δραστηριοτήτων αυτού του είδους στην ανάπτυξη της ΥΣ.

5. Η ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

5.1 Προς την αξιολόγηση της Υπολογιστικής Σκέψης

Όπως συμβαίνει με τις βασικές δεξιότητες που διδάσκονται στους μαθητές (ανάγνωση, γραφή, αριθμητική κ.ά.) για τις οποίες υπάρχουν εργαλεία μέτρησης και αξιολόγησης του βαθμού στον οποίο κατακτήθηκαν, έτσι και για την ΥΣ προέκυψε με φυσικό τρόπο η ανάγκη σχεδιασμού εργαλείων, προκειμένου να μετρηθεί όχι μόνο ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές κατέκτησαν σχετικές μ' αυτή δεξιότητες, αλλά και εκείνος στον οποίο μια συγκεκριμένη διδακτική μεθοδολογία ή ένα πρόγραμμα σπουδών για την ανάπτυξη της κρίνονται ως αποτελεσματικά. Όπως δήλωσαν οι Buffum κ.ά. (2015), «η ανάπτυξη αξιολογήσεων της μάθησης αποτελεί κρίσιμη ανάγκη για τη σχετικά νέα κοινότητα της εκπαίδευσης στην Επιστήμη των Υπολογιστών, καθώς την αναβαθμίζει, προσεγγίζοντας περισσότερο ώριμες επιστήμες, όπως τη Φυσική, που έχουν με τα χρόνια εγκαθιδρύσει τυποποιημένες αξιολογήσεις» (σ. 622). Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η βιβλιογραφία βρίθει θεωρητικών προτάσεων για τη σχεδίαση τεχνολογιών και μεθοδολογιών για την ανάπτυξη της ΥΣ, δε συμβαίνει το ίδιο με την έρευνα για την αποτελεσματικότητα των προσεγγίσεων αυτών.

Η περιορισμένης κλίμακας επιστημονική έρευνα σχετικά με τα εργαλεία αξιολόγησης των συνιστωσών της ΥΣ, καθώς και της μεταφοράς της εφαρμογής τους σε άλλα γνωστικά πεδία αποτελεί σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα για την ένταξή της στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Bocconi κ.ά., 2016· Grover κ.ά., 2014· Werner, Denner, κ.ά., 2012). Σύμφωνα με την αναφορά *Running On Empty: The Failure to Teach K-12 Computer Science in the Digital Age* του ACM και της CSTA, «οι αξιολογήσεις για την εκπαίδευση στην Επιστήμη των Υπολογιστών είναι πρακτικά ανύπαρκτες» (Wilson κ.ά., 2010, σ. 14). Οι Grover και Pea (2013) είχαν αναφέρει χαρακτηριστικά πως «χωρίς προσοχή στην αξιολόγηση, η ΥΣ έχει μικρές ελπίδες να εισαχθεί αποτελεσματικά στα αναλυτικά προγράμματα της εκπαίδευσης», καθώς υπάρχει ανάγκη για «επικύρωση των μετρήσεων αυτών που έμαθε το παιδί» (σ. 41). Παρά το γεγονός ότι η αξιολόγηση της ΥΣ έχει προσελκύσει το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας στις μέρες μας και έχουν αναπτυχθεί πολλών ειδών εργαλεία αξιολόγησης, όπως φαίνεται στη συνέχεια, η συνολική εργασία σχετικά με τη μέτρησή της βρίσκεται ακόμα «στο βρεφικό της στάδιο» (Lockwood & Mooney, 2018b, σ. 18).

Σύμφωνα με τους Román-González κ.ά. (2019), τα εργαλεία που έχουν αναπτυχθεί για την αξιολόγηση της ΥΣ μπορούν να διακριθούν σε 7 κατηγορίες, με βάση την προσέγγιση που εφαρμόζουν:

1. **Διαγνωστικά εργαλεία ΥΣ (CT diagnostic tools):** Στοχεύουν στη μέτρηση του επιπέδου των δεξιοτήτων της ΥΣ. Προσφέρονται για μέτρηση πριν την εφαρμογή ενός διδακτικού προγράμματος και επαναληπτική μέτρηση μετά την εφαρμογή του (pre-test και post-test). Παραδείγματα διαγνωστικών εργαλείων αποτελούν τα *Computational Thinking Test* (CTt· Román-González κ.ά., 2018a, 2018b) και *Commutative Assessments* (Weintrop & Wilensky, 2015).
2. **Εργαλεία αθροιστικής αξιολόγησης της ΥΣ (CT summative tools):** Στοχεύουν στην αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο κατακτήθηκε η γνώση μετά από την εφαρμογή ενός προγράμματος και γι' αυτό εφαρμόζονται στη λήξη του (post-test). Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το *Fairy Performance Assessment* (Werner, Denner, κ.ά., 2012), στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Alice.
3. **Εργαλεία διαμορφωτικής-επαναληπτικής αξιολόγησης της ΥΣ (CT formative-iterative tools):** Τα εργαλεία αυτά έχουν ως στόχο την παροχή ανατροφοδότησης στον μαθητευόμενο, συχνά με αυτόματο τρόπο, προκειμένου να τον βοηθήσουν να βελτιώσει συνιστώσες της ΥΣ. Στην πραγματικότητα αξιολογούν όχι τον χρήστη, αλλά τα τελικά προϊόντα της εργασίας του και γι' αυτό αξιοποιούνται κατά τη διάρκεια της μαθησιακής διαδικασίας. Παράδειγμα εργαλείου αυτής της κατηγορίας αποτελεί το *Dr. Scratch* (Moreno-León & Robles, 2015· Moreno-León κ.ά., 2017).
4. **Εργαλεία εξόρυξης δεδομένων ΥΣ (CT data mining tools):** Όπως και τα προηγούμενα εργαλεία, εστιάζουν στη μαθησιακή διαδικασία. Ωστόσο, ενώ τα εργαλεία διαμορφωτικής-επαναληπτικής αξιολόγησης αξιοποιούν στατιστικές μεθόδους, τα εργαλεία εξόρυξης δεδομένων καταγράφουν σε πραγματικό χρόνο τη μαθησιακή διαδικασία και βοηθούν στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τις γνωστικές διεργασίες.
5. **Εργαλεία αξιολόγησης της μεταφοράς δεξιοτήτων της ΥΣ (CT skill transfer tools):** Τα εργαλεία αυτής της κατηγορίας αξιολογούν τον βαθμό στον οποίο οι μαθητές είναι σε θέση να μεταφέρουν τις δεξιότητες της ΥΣ σε άλλα πλαίσια, προβλήματα και καταστάσεις. Ο διαγωνισμός *Bebras* αποτελεί ένα αντιπροσωπευτικό παράδειγμα εργαλείου της κατηγορίας αυτής (The Bebras Community, 2017).
6. **Εργαλεία αξιολόγησης αντιλήψεων-στάσεων για την ΥΣ (CT perceptions-attitudes scales):** Πρόκειται για κλίμακες που στοχεύουν στην μέτρηση των στάσεων των συμμετεχόντων απέναντι στην ΥΣ, αλλά και σε άλλα σχετικά ζητήματα, όπως είναι οι υπολογιστές, ο προγραμματισμός και ο ψηφιακός εγγραμματισμός. Παράδειγμα εργαλείου αυτής της κατηγορίας αποτελεί το *Computational Thinking Scales* (CTS),

μια πεντάβαθμη, τύπου Likert κλίμακα 29 ερωτήσεων (Korkmaz κ.ά., 2017· Román-González κ.ά., 2017).

7. **Εργαλεία αξιολόγησης του λεξιλογίου της ΥΣ (CT vocabulary assessment):** Τα εργαλεία αυτής της κατηγορίας στοχεύουν στη μέτρηση διαστάσεων της ΥΣ, όπως αυτές εκφράζονται προφορικά από τους συμμετέχοντες. Εξετάζουν, δηλαδή, τις λεκτικές εκφράσεις που έχουν χαρακτηριστεί ως «γλώσσα της ΥΣ» (Grover, 2011).

5.2 Η πρόταση των δημιουργών του Scratch

Οι δημιουργοί του Scratch (Brennan & Resnick, 2012) διατύπωσαν έξι κατευθύνσεις που χαρακτηρίζουν ως κρίσιμες κατά την αξιολόγηση της ΥΣ, σε οποιοδήποτε πλαίσιο και αν λαμβάνει χώρα η ανάπτυξή της. Αρχικά, υποστήριζαν πως κάθε μορφή αξιολόγησης πρέπει να προωθεί τη μάθηση, παρέχοντας χρήσιμη ανατροφοδότηση και αποτελώντας πηγή έμπνευσης για τους μαθητές. Έπειτα, πρότειναν πως οι αξιολογήσεις είναι ανάγκη να περιλαμβάνουν τη δημιουργία και την κριτική εξέταση των εργασιών των μαθητών, που προτείνεται να είναι πολλές σε πλήθος, με διαφορετικά χαρακτηριστικά και να μελετώνται ως προς την εξέλιξή τους κατά την πάροδο του χρόνου.

Έμφαση, ακόμα, είναι ανάγκη να δίνεται στη διαδικασία του σχεδιασμού, η οποία μπορεί να γίνεται φανερή μέσα από μια συνέντευξη με τον χρήστη-δημιουργό, καθώς συχνά η μελέτη μόνο των εντολών που χρησιμοποιήθηκαν δεν μπορεί να δώσει μια ξεκάθαρη εικόνα των στρατηγικών που χρησιμοποιήθηκαν ή αναπτύχθηκαν. Η αξιολόγηση των εννοιών που έχουν κατακτηθεί και των πρακτικών που εφαρμόζονται πρέπει να γίνεται σε τακτά χρονικά διαστήματα, προκειμένου να αποκτάται μια ολοκληρωμένη εικόνα σχετικά με το σημείο στο οποίο βρίσκεται ο μαθητής κατά την αξιολόγηση και την πορεία που διαγράφει. Προτείνεται, ακόμα, μια πολλαπλή προσέγγιση του βαθμού κατάκτησης των συνιστωσών της ΥΣ, χωρίς να επαρκεί, για παράδειγμα, η παράθεση του ορισμού του βρόχου, αλλά να είναι απαραίτητη και η αποτελεσματική του ένταξη σε ένα έργο του ίδιου του χρήστη, σε ένα έργο ενός άλλου χρήστη ή η ανάλυση του τρόπου με τον οποίο αξιοποιήθηκε σε ένα άλλο έργο. Τέλος, οι ερευνητές θεωρούν πως είναι πολύ χρήσιμη η άντληση σχολίων για τα έργα των χρηστών από πολλαπλές πηγές, όπως μπορεί να είναι τα αδέρφια, οι συγγενείς των μαθητών ή οι χρήστες της διαδικτυακής κοινότητας.

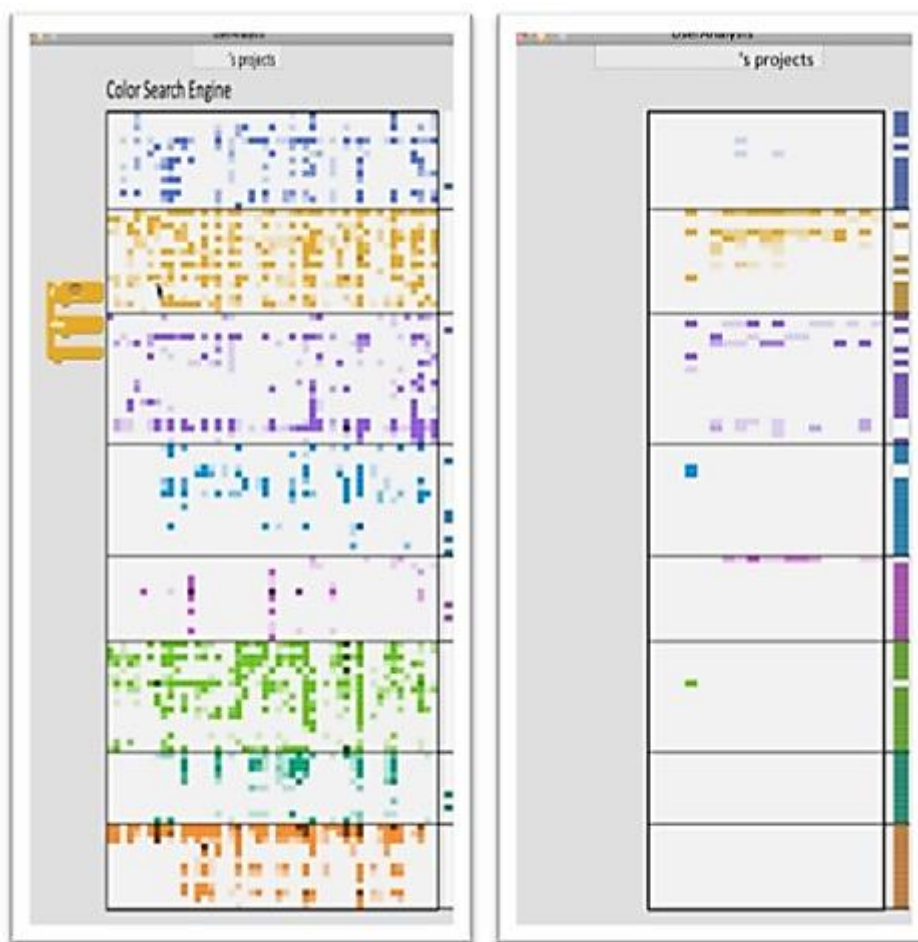
Δεδομένης, τέλος, της διάκρισης της ΥΣ στις βασικές διαστάσεις των εννοιών, των πρακτικών και των στάσεων (βλ. Κεφάλαιο 3), οι Brennan και Resnick (2012) πρότειναν μια

ποιοτική προσέγγιση της αξιολόγησής της, βασισμένης στην ανάλυση του φακέλου (portfolio) των έργων των μαθητών, σε συνεντεύξεις με τους μαθητές σχετικά με τα έργα τους και σε σχεδιαστικά σενάρια.

5.2.1 Ανάλυση Χρήστη

Η *Ανάλυση Χρήστη*, μέσω της ανάλυσης του φακέλου των εργασιών (portfolio) των μαθητών, διευκολύνεται από το γεγονός ότι κάθε μαθητής διαθέτει μια προσωπική σελίδα στη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch (βλ. Κεφάλαιο 4.2.2.1), όπου ανεβάζει τα προσωπικά του έργα, δηλώνει ποια έργα άλλων δημιουργών του αρέσουν και δείχνει ποιους άλλους δημιουργούς «ακολουθεί» (follow), δηλαδή παρακολουθεί τις αναρτήσεις των έργων τους. Χάρη στην ύπαρξη, λοιπόν, αυτού του φακέλου των εργασιών, η αξιοποίηση ενός εργαλείου οπτικοποιημένης ανάλυσης δίνει τη δυνατότητα στον εκπαιδευτικό να αποκτήσει μια εικόνα των πλακιδίων εντολών που χρησιμοποίησε ή δε χρησιμοποίησε ο μαθητής σε κάθε έργο του, όπως φαίνεται στην Εικόνα 21 (Brennan & Resnick, 2012, σ. 13–14). Στην αριστερή πλευρά της εικόνας φαίνεται η οπτικοποιημένη ανάλυση των έργων ενός προχωρημένου χρήστη, ενώ στη δεξιά ενός αρχάριου. Σε κάθε στήλη παρατίθενται όλα τα πλακίδια ενός έργου, ενώ σε κάθε σειρά παρουσιάζεται η χρήση ενός συγκεκριμένου τύπου πλακιδίων, όπου οι πιο σκούρες αποχρώσεις δείχνουν τη συχνότερη χρήση τους εντός ενός έργου. Η τελική στήλη προσδιορίζει πλακίδια που δεν έχουν χρησιμοποιηθεί ποτέ. Το εργαλείο που αξιοποιήθηκε από τους δημιουργούς του Scratch για τη συγκεκριμένη προσέγγιση ήταν το *Scrape* (<http://happyanalyzing.com>), το οποίο αναπτύχθηκε από ερευνητές στο Κολλέγιο του New Jersey (Wolz, Hallberg, κ.ά., 2011).

Ανάμεσα στα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης προσέγγισης, κατά τους δημιουργούς της, συγκαταλέγεται η καταγραφή των υπολογιστικών εννοιών που αξιοποιεί ένας χρήστης του Scratch, που φαίνεται να είναι πολύ σημαντική για τη διαμορφωτική αξιολόγηση, σε αντίθεση με την αξιολόγηση ενός, τελικού προϊόντος. Ωστόσο, η ανάλυση του περιεχομένου του έργου ως μέσο αξιολόγησης της ΥΣ δεν εκπληρώνει τον αρχικό της στόχο. Προσανατολιζόμενος κανείς αποκλειστικά στο προϊόν της εργασίας του μαθητή, δεν μπορεί να έχει πρόσβαση στη διαδικασία της ανάπτυξης του έργου και των υπολογιστικών πρακτικών που εφαρμόστηκαν. Περιορίζεται, ταυτόχρονα, η γνώση για τις υπολογιστικές έννοιες που κατανοούν οι μαθητές, καθώς δεν είναι φανερός ο βαθμός στον οποίο ο μαθητής μπορεί να δημιουργήσει από μόνος του ή ο βαθμός στον οποίο κατανοεί τις έννοιες που συνδέονται με τα αντίστοιχα πλακίδια.



Εικόνα 21. Οπτικοποιημένη «Ανάλυση Χρήστη» από το εργαλείο Scrape (Brennan & Resnick, 2012, σ. 13–14)

Σε αρκετές περιπτώσεις, μάλιστα, οι χρήστες δε δημοσίευσαν τα έργα τους στην προσωπική τους σελίδα, στερώντας από τον εκπαιδευτικό τη δυνατότητα να αξιολογήσει τη διαδικασία της δημιουργίας τους και να γνωρίσει τους λόγους για τους οποίους ενδεχομένως αυτά εγκαταλείφθηκαν. Τέλος, η Ανάλυση Χρήστη δε διερευνά το είδος των έργων που επιλέγονται (παιχνίδι, αφήγηση ιστορίας, κλπ.) και τους λόγους για τους οποίους επιλέγεται κάθε είδος, ούτε τα σχόλια και τις αναλύσεις που κάνει ο ίδιος ο χρήστης για τις δημιουργίες του.

5.2.2 Συνεντεύξεις

Τα ερωτήματα που παραμένουν αναπάντητα από την αξιολόγηση της ανάλυσης του φακέλου των χρηστών, είναι δυνατό να προσεγγιστούν, κατά τους δημιουργούς του Scratch,

μέσα από συνεντεύξεις με τους χρήστες. Οι συνεντεύξεις διαρκούν από 60 ως 120 λεπτά και βασίζονται σε έναν οδηγό συνέντευξης που καλύπτει ζητήματα της γνωριμίας με το Scratch, της διαδικασίας της δημιουργίας του έργου, της διαδικτυακής κοινότητας και άλλα ερωτήματα ανατροφοδότησης σχετικά με το λογισμικό και τη σχέση των μαθητών με άλλες τεχνολογικές εφαρμογές ή άλλες ασχολίες. Οι ερωτήσεις σχετικά με τη δημιουργία του έργου φαίνεται να είναι οι πιο σημαντικές για την αξιολόγηση των συνιστωσών της ΥΣ, καθώς οι ερωτώμενοι απαντούν σχετικά με τα έργα που βρίσκουν ενδιαφέροντα, τα κίνητρα που τους οδηγούν στη δημιουργία τους, τη διαδικασία της ανάπτυξής τους, τα προβλήματα που αντιμετώπισαν σ' αυτή, αλλά και τις σκέψεις σχετικά με τις αλλαγές που θα ήθελαν να πραγματοποιήσουν στο ολοκληρωμένο τους έργο.

Η αξιολόγηση μέσω των συνεντεύξεων έδειξε ότι η χρησιμοποίηση αρκετών τύπων πλακιδίων και η μεγάλη συχνότητα χρήσης κάποιων κατηγοριών τους δε συνδέεται πάντοτε με τη βαθιά κατανόηση της λειτουργίας τους, καθώς άλλοι χρήστες είναι σε θέση να τα χρησιμοποιούν χωρίς να μπορούν να εξηγήσουν τη λειτουργία τους, ενώ άλλοι μπορούν να εξηγήσουν τη λειτουργία τους χωρίς να παράγουν πλούσια σε διαφορετικά πλακίδια έργα. Το μεγαλύτερο όφελος, ωστόσο, που προκύπτει από τη διενέργεια των συνεντεύξεων έγκειται στην «αποκάλυψη» της διαδικασίας της δημιουργίας, των στρατηγικών, δηλαδή, που εφαρμόζουν οι χρήστες κατά την εμπλοκή τους στη διαδικασία αυτή.

Παρά τον πλούτο των πληροφοριών που προσφέρει, τέλος, η προσέγγιση αυτή είναι αρκετά χρονοβόρα, καθώς απαιτεί αρκετό χρόνο συζήτησης με καθέναν από τους μαθητές. Αν θελήσει, μάλιστα, ο ερευνητής να αποκτήσει μια ολοκληρωμένη εικόνα της διαδικασίας της ανάπτυξης των δεξιοτήτων του ερωτώμενου, είναι ανάγκη να επαναλαμβάνει τις συνεντεύξεις σε τακτά χρονικά διαστήματα, με αποτέλεσμα ο συνολικός χρόνος των συνεντεύξεων να καθίσταται ακόμη μεγαλύτερος. Πάντοτε, ακόμα, ελλοχεύει ο κίνδυνος να μην αποκαλύπτονται από τον μαθητή όλες οι πρακτικές ή οι στρατηγικές του, καθώς μπορεί να μην τις θυμάται ή να μην τις αναφέρει.

5.2.3 Σχεδιαστικά σενάρια

Η τρίτη προσέγγιση για την αξιολόγηση της ανάπτυξης της ΥΣ των μαθητών σχετίζεται με τα σχεδιαστικά σενάρια, σε συνθήκες σχολικής τάξης και με μαθητές διαφόρων σχολείων και ηλικιών. Οι Brennan και Resnick (2012) ανέπτυξαν τρεις ομάδες έργων στο Scratch, κλιμακούμενης πολυπλοκότητας. Μέσα σε κάθε ομάδα υπήρχαν δύο σχέδια, που αφορούσαν

τις ίδιες έννοιες και πρακτικές, αλλά διέφεραν ως προς την αισθητική, προκειμένου να προσελκύσουν μαθητές με διαφορετικά ενδιαφέροντα. Στους μαθητές παρουσιάστηκαν τα σενάρια ως έργα άλλων δημιουργών και τους ζητήθηκε να επιλέξουν ένα έργο από κάθε ομάδα, να εξηγήσουν τη λειτουργία του, να περιγράψουν τρόπους με τους οποίους θα μπορούσε να επεκταθεί, να διορθώσουν ένα σφάλμα στον κώδικά του και να το εμπλουτίσουν με την προσθήκη ενός νέου χαρακτηριστικού, σύμφωνα με τον οδηγό δραστηριοτήτων του Scratch (Brennan κ.ά., 2014).

Σύμφωνα με τους Brennan και Resnick (2012), τα σχεδιαστικά σενάρια παρουσίασαν τρία πολύ σημαντικά πλεονεκτήματα: Αρχικά, με τη βοήθεια των ερωτήσεων που συνοδεύουν κάθε σενάριο, προσέφεραν τη δυνατότητα συστηματικής διερεύνησης διαφορετικών τρόπων κατάκτησης της γνώσης, όπως της επέκτασης, του εντοπισμού σφαλμάτων και της διασκευής έργων άλλων χρηστών. Επιπλέον, τα σενάρια έδωσαν τη δυνατότητα να αξιοποιηθούν σε τρία σημεία με την πάροδο του χρόνου, υποστηρίζοντας μ' αυτόν τον τρόπο τη διαμορφωτική αξιολόγηση. Τέλος, τα σενάρια έδωσαν έμφαση στη διαδικασία κατά τη δράση των μαθητών, παρά στην από μνήμης διαδικασία. Σε αντίθεση, δηλαδή, με τη συνέντευξη, κατά την οποία ο μαθητής μιλούσε για τη διαδικασία διόρθωσης ενός σφάλματος, στα σχεδιαστικά σενάρια ο εκπαιδευτικός παρακολουθούσε τη διαδικασία και τις στρατηγικές που εφαρμόζε ο μαθητής για τη διόρθωση ενός σφάλματος. Κοινό σημείο των δύο προσεγγίσεων αποτέλεσε η μεγάλη ποσότητα χρόνου που απαιτήθηκε, ειδικά όταν τα σενάρια αφορούσαν δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης και επέκτασης. Στην περίπτωση, ακόμα, που ένα σενάριο δεν περιλαμβανόταν στα ενδιαφέροντα του χρήστη, η διαδικασία της ανάπτυξης του έργου μπορούσε να του δημιουργήσει συναισθήματα πίεσης, όπως αν βρισκόταν σε διαδικασία εξέτασης ή βαθμολόγησης.

5.3 Τα επικρατέστερα μοντέλα αξιολόγησης

5.3.1 *Computational Thinking Scales (CTS)*

Τα εργαλεία CTS και CTt, το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch και ο διαγωνισμός Bebras αποτελούν τις συνηθέστερα χρησιμοποιούμενες προσεγγίσεις για την αξιολόγηση της ΥΣ στις μέρες μας (Moreno-León κ.ά., 2018). Το εργαλείο CTS είναι μια πεντάβαθμη, τύπου Likert κλίμακα 29 ερωτήσεων για την αξιολόγηση των δεξιοτήτων ΥΣ φοιτητών τριτοβάθμιας εκπαίδευσης μέσα από πέντε διαστάσεις: την αλγοριθμική σκέψη, τη συνεργασία

(cooperativity), τη δημιουργικότητα (creativity), την κριτική σκέψη και την επίλυση προβλημάτων (Korkmaz κ.ά., 2017· Román-González κ.ά., 2017).

Η κατασκευή της κλίμακας βασίστηκε στον ορισμό των ISTE και CSTA για την ΥΣ (CSTA & ISTE, 2015) και συμπεριέλαβε τις παραπάνω δεξιότητες. Μια προηγούμενη εκδοχή της περιελάμβανε τις παραπάνω 6 κατηγορίες, αλλά κατά τη διαδικασία της στάθμισής της φάνηκε ότι τα ερωτήματα που περιλαμβάνονταν στην κατηγορία των δεξιοτήτων επικοινωνίας καλύπτονταν σε μεγάλο βαθμό από ερωτήματα που περιλαμβάνονταν στις κατηγορίες της κριτικής σκέψης, της επίλυσης προβλημάτων και της συνεργατικής μάθησης. Η αξιολόγηση των δεξιοτήτων επικοινωνίας, λοιπόν, αφαιρέθηκε από την τελική μορφή της κλίμακας, υπό την έννοια ότι η επικοινωνία, ως διαδικασία ανταλλαγής συναισθημάτων, σκέψεων και πληροφοριών μεταξύ των ανθρώπων αποτελεί τη βάση της συνεργατικής μάθησης, της κριτικής σκέψης και της ικανότητας επίλυσης προβλημάτων.

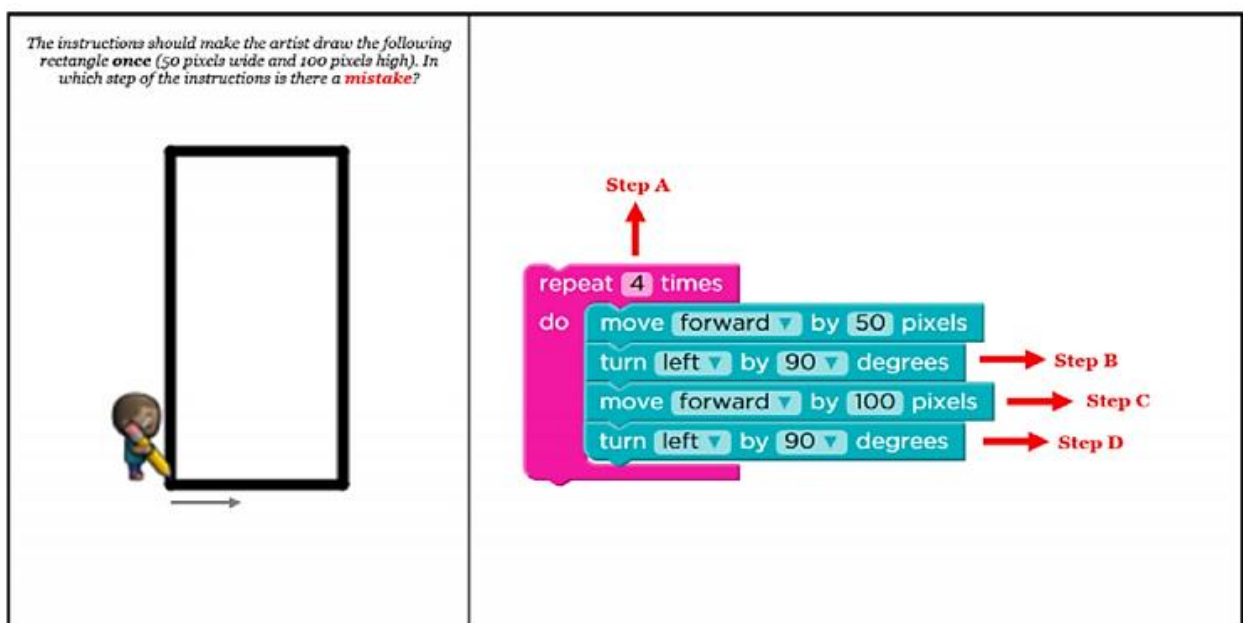
Το CTS έχει αξιοποιηθεί σε αρκετές πρόσφατες έρευνες, είτε στην αρχική του μορφή, είτε σε τροποποιημένες εκδοχές για τη συσχέτιση του βαθμού ανάπτυξης της ΥΣ και άλλων παραγόντων που αφορούν τους μαθητές (Durak & Saritepeci, 2018· Pellas & Vosinakis, 2018). Η κλίμακα έχει αξιοποιηθεί, ακόμα, για τη διερεύνηση πιθανής συσχέτισης ανάμεσα στον βαθμό ανάπτυξης των διαστάσεων της ΥΣ των μαθητών δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και των ακαδημαϊκών τους επιδόσεων, κατά την οποία φάνηκε πως μόνο η διάσταση των δεξιοτήτων συνεργασίας των συμμετεχόντων μπορεί να συνδέεται με τις ακαδημαϊκές τους επιδόσεις (Doleck κ.ά., 2017).

5.3.2 Computational Thinking Test (CTt)

Ο Román-González (2015) και οι Román-González κ.ά. (2017) πρότειναν μια ψυχομετρική προσέγγιση για την αξιολόγηση της ΥΣ, βασιζόμενοι στους ορισμούς των CSTA και ISTE (2011) και των Grover και Pea (2013). Οι έννοιες της ΥΣ που αξιολογούνται, κατά τη διάκριση των Brennan και Resnick (2012), είναι οι ακολουθίες, οι βρόγχοι, οι συνθήκες και οι τελεστές, ενώ οι πρακτικές της ΥΣ που αξιολογούνται μερικώς είναι η δοκιμή και η εκφαλμάτωση, η επαναχρησιμοποίηση και η διασκευή, αλλά και η αφαίρεση και η τμηματοποίηση (Román-González κ.ά., 2018a, 2018b, 2019).

Η εξωτερική εγκυρότητα της δοκιμασίας μετρήθηκε με συσχετισμό προς άλλες κανονικοποιημένες ψυχολογικές δοκιμασίες, την *Primary Mental Abilities (PMA) battery* και

το *RP30 problem-solving test*, που αναφέρονται σε γνωστικές ικανότητες και στην ικανότητα επίλυσης προβλημάτων αντίστοιχα. Επιπλέον, δεδομένου ότι η ΥΣ θεωρείται ότι σχετίζεται με ικανότητες-παράγοντες του *CattellHorn-Carroll* (CHC) μοντέλου της νοημοσύνης (Schneider & McGrew, 2012), όπως είναι η οπτική επεξεργασία (visual processing) και η βραχυπρόθεσμη μνήμη (short-term memory), θεωρήθηκε απαραίτητο για τη δοκιμασία CTt να συσχετίζεται και μ' αυτούς τους παράγοντες. Το CTt σχεδιάστηκε αρχικά με 40 ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (4 επιλογές σε κάθε ερώτηση), που ήταν ανεξάρτητες από οποιοδήποτε περιβάλλον προγραμματισμού. Αφού εξετάστηκε η εγκυρότητα του περιεχομένου, η δοκιμασία κατέληξε να περιλαμβάνει 28 στοιχεία.



Εικόνα 22. Παράδειγμα ερώτησης του CTt σχετικά με τους βρόχους και τους χρόνους των επαναλήψεων

Κάθε ερώτηση της δοκιμασίας σχεδιάστηκε με τρόπο που να χαρακτηρίζεται από καθεμιά από τις 5 παρακάτω διαστάσεις:

- Υπολογιστικές έννοιες που εξετάζονται
- Περιβάλλον-Διεπαφή των ερωτήσεων
- Εναλλακτικές μορφές απαντήσεων
- Ύπαρξη ή απουσία εμφωλισμού (nesting)

- Απαιτούμενη διεργασία, ανάλογα με τις γνωστικές διεργασίες που απαιτούνται για κάθε ερώτημα. Για παράδειγμα, για την εκσφαλμάτωση ο μαθητής καλείται να εντοπίσει και να διορθώσει τα λάθη σε ένα δοθέν κομμάτι κώδικα.

Η κλίμακα προορίζεται για παιδιά 12–14 ετών, αν και μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για μαθητές από την ηλικία των 10–11 μέχρι εκείνη των 15–16 ετών. Η ολοκλήρωσή της απαιτεί περίπου 45 λεπτά, ενώ ενδείκνυται και για χρήση ως pre-test και post-test. Επιπλέον, οι δημιουργοί της προτείνουν την αξιοποίησή της για την ανίχνευση ιδιαίτερης κλίσης ή ταλέντου σε δραστηριότητες προγραμματισμού. Αν και εστιάζει, ακόμα, στις έννοιες και τις πρακτικές της ΥΣ, δε δίνει έμφαση στις στάσεις της ΥΣ, όπως έχουν περιγραφεί από τους Brennan και Resnick (2012), ενώ ο τύπος των ερωτήσεων (πολλαπλής επιλογής) ίσως να μετρά την ΥΣ σε χαμηλότερα επίπεδα γνωστικής πολυπλοκότητας. Τέλος, το γεγονός ότι είναι αποσυνδεδεμένη από κάποιο περιβάλλον προγραμματισμού, επιτάσσει την αξιοποίησή της σε συνδυασμό με άλλα εργαλεία, όπως το Dr. Scratch.

5.3.3 Το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch

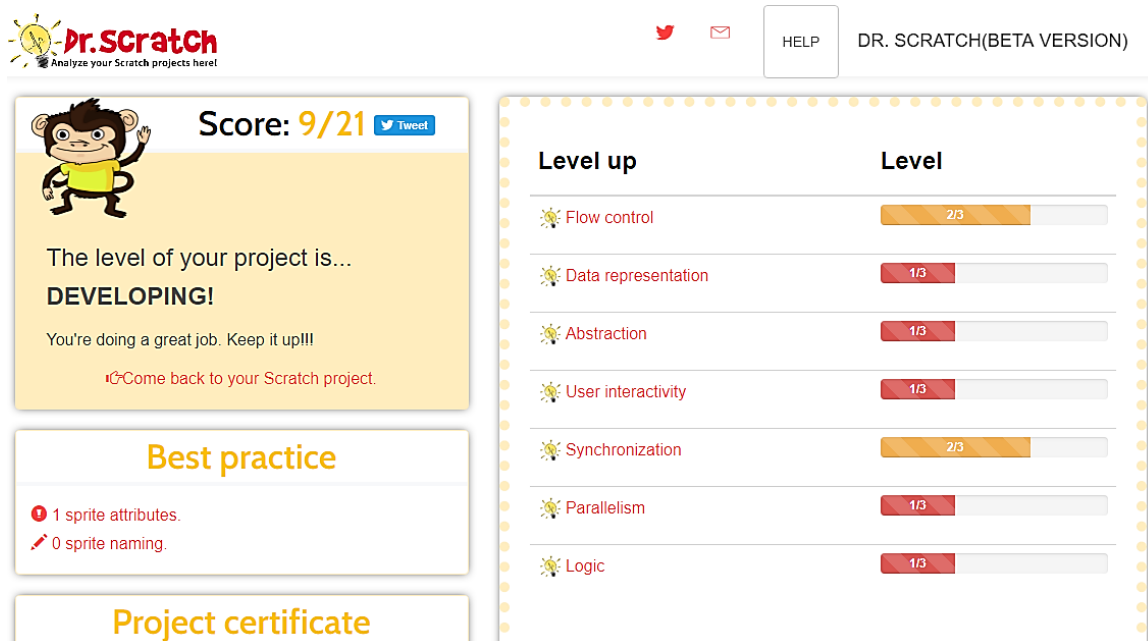
Το Dr. Scratch (<http://www.drscratch.org>) ορίζεται από τους δημιουργούς του ως «μια ελεύθερη, ανοιχτού κώδικα διαδικτυακή εφαρμογή, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί από εκπαιδευόμενους και εκπαιδευτές για την ανάλυση έργων του Scratch και τη λήψη ανατροφοδότησης σχετικά με την ποιότητα των προγραμμάτων σ' αυτό» (Moreno-León & Robles, 2015, σ. 132). Οι πληροφορίες αυτού του είδους είναι σημαντικές αφενός για τους μαθητές, προκειμένου να βελτιώσουν τα προγράμματά τους και αφετέρου για τους εκπαιδευτικούς, προκειμένου να αξιολογήσουν τους μαθητές τους και να λάβουν αποφάσεις για τη διδασκαλία τους (Moreno-León κ.ά., 2017).

Το εργαλείο είναι σε θέση να εντοπίζει σφάλματα σε κώδικα του Scratch, ο οποίος εισάγεται με την παροχή της διεύθυνσης URL (Uniform Resource Locator ή Ενιαίος Εντοπιστής Πόρων) του έργου στον διαδικτυακό φάκελο του χρήστη ή με τη μεταφόρτωση του αντίστοιχου αρχείου έργου του Scratch. Μετά την ανάλυση, το Dr. Scratch παρέχει πληροφορίες σχετικά με την ανάπτυξη της ΥΣ και κακές προγραμματιστικές συνήθειες του χρήστη. Η ανατροφοδότησή του έχει φανεί αρκετά χρήσιμη για τη σύγκριση του βαθμού ανάπτυξης της ΥΣ δύο υποομάδων ενός δείγματος (Garneli & Chorianopoulos, 2018). Ειδικότερα για την ανάπτυξη της ΥΣ, όπως φαίνεται στην Εικόνα 23, το Dr. Scratch αξιολογεί

τον κώδικα των προγραμμάτων, παρέχοντας μια βαθμολογία σε κλίμακα από το 0 ως το 21, αθροίζοντας τις επιμέρους βαθμολογίες σε 7 κριτήρια (σε κλίμακα από το 0 ως το 3):

- Έλεγχος ροής (flow control)
- Αναπαράσταση δεδομένων (data representation)
- Αφαίρεση (abstraction)
- Αλληλεπίδραση με τον χρήστη (user interactivity)
- Συγχρονισμός (synchronization)
- Παραλληλία (parallelism)
- Λογική (logic)

Αναφορικά με τις κακές προγραμματιστικές συνήθειες, σε κάθε πρόγραμμα του Scratch, μεταξύ των άλλων, το εργαλείο αναζητά για τμήματα κώδικα που δεν εκτελούνται, ελέγχει τη μη επιθυμητή επανάληψη τμημάτων κώδικα και αναζητά μηνύματα που δεν λαμβάνονται από κανένα αντικείμενο. Η συνολική βαθμολογία του χρήστη τον «κατατάσσει» σε ένα από τα τρία επίπεδα που έχουν οριστεί (βασικό, αναπτυσσόμενο, άριστο).

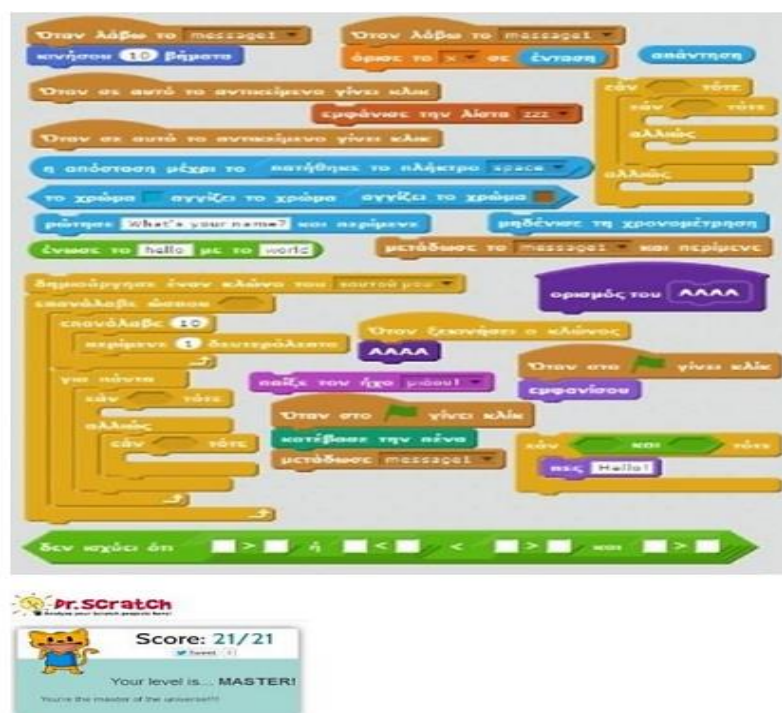


Εικόνα 23. Στιγμιότυπο από την ανατροφοδότηση του Dr. Scratch για έργο του χρήστη

Με βάση τη βαθμολογία του χρήστη, προσαρμόζεται η έκθεση ανατροφοδότησης που δίνεται από το Dr. Scratch, ώστε να είναι κατάλληλη για το επίπεδο του χρήστη. Επιπλέον, η

έκθεση αποτελείται από δύο τμήματα, το «Πώς μπορώ να βελτιώσω το σκορ μου;» (“How can I improve my score?”), στο οποίο παρέχονται ιδέες για την ενίσχυση των διαφόρων πτυχών της ΥΣ και το «Λεπτομέρειες προς διόρθωση» (“Details to correct”), στο οποίο παρέχονται συμβουλές για την αποφυγή σφαλμάτων και κακών προγραμματιστικών συνηθειών. Η αξιοποίηση του εργαλείου, έτσι, έχει δείξει ότι όχι μόνο μπορεί να αξιολογήσει συνιστώσες της ΥΣ, αλλά προωθεί και την ανάπτυξή τους (Moreno-León κ.ά., 2018).

Αξίζει να επισημανθεί ότι, σύμφωνα με τους Αργυρίου κ.ά. (2016), τα αποτελέσματα που παράγει το εργαλείο από την ανάλυση των έργων δεν είναι πάντοτε αξιόπιστα, καθώς η μεθοδολογία του μπορεί να «ξεγελαστεί» εύκολα. Για παράδειγμα, η χρήση ενός μεγάλου πλήθους διαφορετικών πλακιδίων, που δεν παράγουν κάποιο λογικό αποτέλεσμα μπορεί να δώσει μια άριστη βαθμολογία (21/21), όπως φαίνεται στην Εικόνα 24. Κάποιοι έλεγχοι αξιοπιστίας και εγκυρότητας του εργαλείου έχουν ήδη πραγματοποιηθεί, ενώ άλλοι βρίσκονται σε εξέλιξη. Μια από τις νέες δυνατότητες του λογισμικού, που προγραμματίζονται για τις επόμενες εκδόσεις, είναι η δημιουργία λογαριασμών χρηστών, προκειμένου όχι μόνο να παρέχεται μια πιο ακριβής εικόνα της επίδοσης ενός μαθητή σε ένα έργο, αλλά και να δίνεται η δυνατότητα για παρακολούθηση της εξέλιξης της ανάπτυξης της ΥΣ από τον μαθητή (Moreno-León, κ.ά., 2017).



Εικόνα 24. Παράδειγμα λανθασμένης ανατροφοδότησης του Dr. Scratch (Αργυρίου κ.ά., 2016, σ. 4)

5.3.4 Ο διαγωνισμός *Bebras*

Ο διεθνής διαγωνισμός *Bebras* για την Πληροφορική και την ΥΣ (The *Bebras* Community, 2017) διοργανώνεται κάθε χρόνο από το 2004 σε πολλές χώρες του κόσμου με περισσότερους από ένα εκατομμύριο συμμετέχοντες τα τελευταία χρόνια (Dagiene & Stupuriene, 2016). Ο διαγωνισμός είναι ανοιχτός για μαθητές κάθε ηλικίας, καθώς έχει προσαρμοστεί σε 5 ηλικιακές ομάδες, από τη Γ' Δημοτικού μέχρι τη Γ' λυκείου, όπως και στην επίσημη γλώσσα κάθε χώρας (Bellettini κ.ά., 2018). Η διεξαγωγή του λαμβάνει χώρα στα σχολεία με τη χρήση υπολογιστή και οι μαθητές καλούνται να επιλύσουν 18 ως 24 προβλήματα σε χρόνο από 45 ως 55 λεπτά. Στόχος του διαγωνισμού είναι να υποστηρίξει την κατανόηση των εννοιών της Πληροφορικής και της ΥΣ, χωρίς να αναπαράγει προηγούμενες γνώσεις και χωρίς να απαιτεί προϋπάρχουσες γνώσεις της Επιστήμης των Υπολογιστών. Οι μαθητές, δηλαδή, μαθαίνουν, καθώς επιλύουν προβλήματα που περιλαμβάνουν έννοιες όπως τους αλγόριθμους και τα προγράμματα, τη ροή των δεδομένων, την αλληλεπίδραση ανθρώπου-μηχανής (Futschek & Dagienė, 2009, όπ. αναφ. στο Dagiene & Stupuriene, 2016, σ. 32), ενώ ταυτόχρονα κάθε ερώτηση αντιστοιχεί σε έννοιες της ΥΣ, όπως την αφαίρεση, την αποσύνθεση του προβλήματος, την αλγοριθμική σκέψη και την αναγνώριση προτύπων ή τη γενίκευση (Djambong & Freiman, 2016).

Η δοκιμασία έχει πρόσφατα αξιοποιηθεί για την αξιολόγηση του βαθμού ανάπτυξης της ΥΣ μετά από την εφαρμογή προγραμμάτων εκπαιδευτικής ρομποτικής (Chiazzese κ.ά., 2018). Πέρα από τους στόχους του διαγωνισμού, οι απαντήσεις των μαθητών στις ερωτήσεις του έχουν αξιοποιηθεί για τη μέτρηση των στάσεων των μαθητών απέναντι στην ΥΣ (Straw κ.ά., 2017) και για τη συσχέτισή της ΥΣ με τη νοημοσύνη των συμμετεχόντων (Boom κ.ά., 2018), ενώ άλλοι μελετητές έχουν προτείνει την αξιοποίηση των δεδομένων του διαγωνισμού ως βάση για τις μελλοντικές αξιολογήσεις *PISA* (Programme for International Student Assessment) για την Επιστήμη των Υπολογιστών (Hubwieser & Mühling, 2014). Τέλος, οι δραστηριότητες που απευθύνονται στους μαθητές αποτελούν χρήσιμο εργαλείο τόσο για την αξιολόγηση της ΥΣ, όσο και για την επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για τη δημιουργία δικών τους δραστηριοτήτων και πλάνων μαθημάτων (Lockwood & Mooney, 2018a, 2018b), ενώ έχει φανεί ότι μπορεί να ενισχύσει τα κίνητρα των μαθητών για μάθηση, καθώς οι τελευταίοι ικανοποιούνται από την αναγνώριση των δεξιοτήτων τους (Rojas-López & García-Peñalvo, 2018). Πρόσφατες έρευνες, ακόμα, τονίζουν την αξία της δοκιμασίας, αλλά τηρούν κριτική στάση απέναντι στο πλήθος των δεξιοτήτων που σχετίζονται με την ΥΣ και μπορούν να μετρηθούν μέσω αυτής (Araujo κ.ά., 2019).

6. ΤΑ ΣΗΜΕΙΑ ΚΡΙΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΣΚΕΨΗΣ

6.1 Οι στόχοι και ο κίνδυνος δογματισμού

Με αφορμή το άρθρο της Wing (2006), η ΥΣ βρέθηκε στο επίκεντρο των συζητήσεων της τελευταίας δεκαετίας αναφορικά με την αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση. Παρά το γεγονός ότι έγινε αποδεκτή από μεγάλο μέρος της επιστημονικής και εκπαιδευτικής κοινότητας ως ένα απαραίτητο σύνολο δεξιοτήτων για τον μαθητή και τον πολίτη του 21^{ου} αιώνα, η αποδοχή της δεν είναι καθολική, καθώς συχνά διατυπώνονται προβληματισμοί σχετικά με ζητήματά της: Πέρα από την εύρεση ενός καθολικού ορισμού της ΥΣ, που σε μεγάλο βαθμό έχει επιτευχθεί, ερωτήματα παραμένουν σχετικά με τον βέλτιστο τρόπο αξιολόγησής της, για τον βαθμό στον οποίο μπορεί να ωφελήσει κάθε άνθρωπο, αλλά και για το είδος των προβλημάτων στα οποία μπορεί να βρίσκει εφαρμογή. Επιπλέον, όπως φαίνεται στη συνέχεια, εκφράζεται έντονα η άποψη ότι η πλειονότητα των εκπαιδευτικών όλων των βαθμίδων δεν είναι κατάλληλα καταρτισμένη και προετοιμασμένη για να βοηθήσει τους μαθητές να αναπτύξουν τις δεξιότητες της ΥΣ.

Η προσπάθεια για την ένταξη της ΥΣ στα προγράμματα σπουδών έχει χαρακτηριστεί ως βεβιασμένη και θεωρείται ότι μπορεί να αποτύχει από τα πρώτα της βήματα, καθώς επιβάλλεται κυρίως από την προσπάθεια του κεφαλαίου για τη δημιουργία του εργατικού δυναμικού του μέλλοντος, παρά από την προσπάθεια για ενδυνάμωση της δημιουργικής και κριτικής σκέψης των μαθητών (Bresnihan κ.ά, 2015). Η συλλογή περισσότερων εμπειρικών δεδομένων αναμένεται να επιβεβαιώσει ή να διαψεύσει το όραμα της Wing για την εισαγωγή της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση σε περίοπτη θέση δίπλα στην ανάγνωση, τη γραφή και την αριθμητική, καθώς όπως δήλωνε πριν λίγα χρόνια και η ίδια «έχουμε ακόμα δρόμο μέχρι την καθιέρωση της ΥΣ» (Wing, 2016). Πρώτο βήμα για την αποφυγή των λαθών του παρελθόντος και την εκτροπή του κινδύνου να αποτύχει η νέα προσπάθεια για αποτελεσματική αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση, αποτελεί μια ξεκάθαρη διατύπωση του περιεχομένου του όρου της ΥΣ και των στόχων της.

Ο όρος ΥΣ, σύμφωνα με τον Hemmendinger (2010), μοιάζει «αλαζονικός» (σ. 2) από την πλευρά των επιστημόνων της Επιστήμης των Υπολογιστών, καθώς μοιάζει σαν να υποδεικνύει σε όλους τους άλλους επιστήμονες τον σωστό τρόπο σκέψης, δηλαδή εκείνο των πρώτων. Ο Peter Denning (2009), ένθερμος επικριτής της ΥΣ, αποκαλεί τους επιστήμονες της Πληροφορικής ως «πεινασμένους» (σ. 30), καθώς θεωρεί πως αρχικά επέβαλαν την εκμάθηση

των δεξιοτήτων της επιστήμης τους και πλέον απαιτούν να σκέφτεται κανείς όπως εκείνοι. Η διδασκαλία της ΥΣ οφείλει να οδηγεί τους ανθρώπους να ανακαλύπτουν τρόπους αξιοποίησης των υπολογισμών για την επίλυση των προβλημάτων τους ή για τη δημιουργία και την ανακάλυψη νέων προβλημάτων που θα εξερευνηθούν με γόνιμο τρόπο, παρά να τους οδηγεί στην άκριτη εφαρμογή του τρόπου σκέψης των επιστημόνων της Πληροφορικής (Hemmendinger, 2010). Οι τελευταίοι, μάλιστα, είναι ανάγκη να μιλούν λιγότερο για τον υπολογιστικό τρόπο σκέψης και «να μην παραβλέπουν την υπολογιστική πράξη» (Astrachan, 2009, όπ. αναφ. στο Hemmendinger, 2010, σ. 6).

Ο κίνδυνος του δογματισμού, κατά τους Tedre και Denning (2016), αποτελεί έναν σοβαρό κίνδυνο που ορθώνεται πάνω από την ΥΣ, καθώς θεωρούν πως αποδίδεται υπερβολικά υψηλή αξία στον υπολογιστικό τρόπο σκέψης, ενώ τόσοι άλλοι τρόποι σκέψης, όπως η λογική σκέψη, η ορθολογιστική σκέψη (rational thinking), η κριτική σκέψη (critical thinking) και άλλες, που επίσης απαιτούν την πραγματοποίηση αφαιρετικών διαδικασιών, έχουν προσφέρει αρκετά οφέλη στις επιστήμες. Σύμφωνα με την Jones (2006), ο όρος ΥΣ είναι υπερβολικά ευρύς, αν δεχτούμε τα παραδείγματα της Wing (2006), και ως εκ τούτου δεν μπορεί να είναι χρηστικός. Η αποκλειστική έμφαση στην ΥΣ, ακόμα, υποδεικνύει μια περιορισμένη οπτική του κόσμου, καθώς, όπως υποστήριζε ο Papert (1980), η αληθινή δεξιότητα στους υπολογιστές αποδεικνύεται από τη γνώση των περιπτώσεων στις οποίες ενδείκνυται να πραγματοποιείται η αξιοποίηση αυτών και των ιδεών τους, ενώ ταυτόχρονα παραμένει κανείς ανοιχτός σε εναλλακτικούς τρόπους σκέψης και δράσης. Η ιδέα της ΥΣ, άλλωστε, όπως φάνηκε στο Κεφάλαιο 2, έχει μια παράδοση πολλών δεκαετιών και παρουσιάζει κοινά χαρακτηριστικά με άλλους τρόπους σκέψης, όπως την αλγοριθμική σκέψη, με αποτέλεσμα πλέον να μοιάζει σαν κάτι παλιό που παρουσιάζεται ως καινοτομία (Denning, 2009).

6.2 Η αξιολόγηση

Η αποτελεσματική ενσωμάτωση της ΥΣ στα προγράμματα σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης απαιτεί τις κατάλληλες στρατηγικές αξιολόγησης της ανάπτυξης της από τους μαθητές. Ήδη από το 2010, είχε επισημανθεί ότι «οι αξιολογήσεις για την εκπαίδευση στην Επιστήμη των Υπολογιστών είναι πρακτικά ανύπαρκτες» (Wilson κ.ά., 2010, σ. 14), ενώ λίγα χρόνια αργότερα οι Grover και Pea (2013) τόνισαν πως η ΥΣ μόνο μικρή ελπίδα μπορεί να έχει για ένταξή της στα προγράμματα σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, αν δε δοθεί έμφαση στην αξιολόγησή της. Η ύπαρξη περιορισμένων επιστημονικών δεδομένων σχετικά

με τα εργαλεία αξιολόγησής της, όπως και της μεταφοράς της εφαρμογής της σε άλλα γνωστικά πεδία, αποτελεί, λοιπόν, σημαντικό ανασταλτικό παράγοντα για την ενσωμάτωση της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Bocconi κ.ά., 2016· Grover κ.ά., 2014· Werner, Denner, κ.ά., 2012).

Η παρουσίαση των προσεγγίσεων στην αξιολόγηση των συνιστωσών της ΥΣ (βλ. Κεφάλαιο 5) δείχνει ότι οι στρατηγικές αξιολόγησης που κυριαρχούν στις μέρες μας είναι η ανάλυση των έργων των μαθητών, ως ενδείξεων των δεξιοτήτων τους, η αξιοποίηση ρουμπρίκων, κάποιες δραστηριότητες «διόρθωσης» κώδικα ή «συμπλήρωσής» του, αλλά και κάποιες νεότερες προσεγγίσεις που βασίζονται στη σχεδίαση, όπως ο προγραμματισμός με αξιοποίηση πολυμέσων. Νέα εργαλεία και κριτήρια αξιολόγησης, λοιπόν, είναι ανάγκη να αναπτυχθούν, στο πλαίσιο μιας διαθεματικής προσέγγισης της γνώσης (Bocconi κ.ά., 2016).

Ένα ακόμη σημείο που σχετίζεται άμεσα με την αξιολόγηση και στο οποίο είναι ανάγκη να δώσει έμφαση η επιστημονική κοινότητα είναι εκείνο της αξιολόγησης της προόδου των μαθητών κατά τη διάρκεια της ανάπτυξης της ΥΣ. Απαιτούνται, δηλαδή, μοντέλα παρακολούθησης της προόδου των μαθητών για τα διαφορετικά επίπεδα ανάπτυξης των δεξιοτήτων, δεδομένου ότι οι δεξιότητες αναπτύσσονται σταδιακά στον χρόνο με εξάσκηση, αντίθετα με την απόκτηση των γνώσεων. Η πλειονότητα των προτεινόμενων στρατηγικών αξιολόγησης των ημερών μας εστιάζει στις γνώσεις των μαθητών και όχι στις πρακτικές που εφαρμόζουν. Οι άνθρωποι «γνωρίζουν πολλά περισσότερα από εκείνα που μπορούν να περιγράψουν» (Polanyi, 1966, όπ. αναφ. στο Denning, 2017, σ. 36) και γι' αυτό απαιτείται έμφαση στις πρακτικές που εφαρμόζουν οι μαθητές κατά τη διαδικασία ανάπτυξης της ΥΣ (Denning, 2017· Tedre & Denning, 2016). Συμπερασματικά, γίνεται φανερό πως, παρά το γεγονός ότι στις μέρες μας η αξιολόγηση της ΥΣ έχει προσελκύσει έντονα το ενδιαφέρον της επιστημονικής κοινότητας, η συνολική εργασία σχετικά με τη μέτρησή της βρίσκεται ακόμα «στο βρεφικό της στάδιο» (Lockwood & Mooney, 2018b, σ. 18).

6.3 Η οικουμενική/ καθολική αξία

Ο βαθμός στον οποίο η ΥΣ μπορεί να αποδειχθεί ωφέλιμη για «όλους τους ανθρώπους, όχι μόνο τους επιστήμονες του τομέα των υπολογιστών» (Wing, 2006, σ. 33) αποτελεί ένα ακόμη σημείο προβληματισμού της επιστημονικής κοινότητας (Yasar, 2018). Πολλά χρόνια νωρίτερα, ο Alan Perlis (1962) είχε πραγματοποιήσει μια δήλωση σε παρόμοιο μήκος κύματος, υποστηρίζοντας πως η εκμάθηση του προγραμματισμού αφενός αφορά όλους τους ανθρώπους

και αφετέρου τους βοηθά να αναδιαμορφώσουν την κατανόησή τους σε μια ευρεία ποικιλία θεμάτων και να αναπτύξουν αλγοριθμικό τρόπο σκέψης.

Σύμφωνα με τον Denning (2017), οφείλουμε να εξετάσουμε πιο προσεκτικά και να συλλέξουμε περισσότερα εμπειρικά δεδομένα, προκειμένου να δηλώσουμε με σιγουριά πως η ΥΣ μπορεί να ωφελεί ακόμη κι εκείνους που δε σχεδιάζουν υπολογισμούς, όπως είναι οι καλλιτέχνες, οι δικηγόροι και άλλοι. Ο ίδιος επιστήμονας επισημαίνει, ακόμα, ότι η αξιοποίηση υπολογιστικών εργαλείων δεν είναι αυτονόητο πως οδηγεί στην ανάπτυξη ΥΣ. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί η νεότερη γενιά ανθρώπων της εποχής μας, η οποία, ενώ αφιερώνει αρκετό χρόνο στην ενασχόληση με ηλεκτρονικές συσκευές και στην περιήγηση στο Διαδίκτυο, δε συνεπάγεται πως σκέφτεται υπολογιστικά. Με παρόμοιο τρόπο, ένας γιατρός που χρησιμοποιεί ένα τελευταίας τεχνολογίας διαγνωστικό μηχάνημα, δε σημαίνει πως σκέφτεται υπολογιστικά. Οι Fessakis κ.ά. (2018) υποστήριξαν πως η ΥΣ εμπλέκει την αξιοποίηση των μεθόδων και των εργαλείων της Επιστήμης των Υπολογιστών, αλλά η εφαρμογή της ΥΣ αφορά περιορισμένο πλήθος επιστημονικών τομέων, ενώ ακόμα και οι διαστάσεις της δεν κατανέμονται ισότιμα στους τομείς και στα γνωστικά αντικείμενα της εκπαίδευσης.

Η οικουμενική αξία της ΥΣ ως διαδικασίας που μπορεί να αξιοποιηθεί σε οποιοδήποτε πρόβλημα της καθημερινής ζωής τίθεται, επομένως, υπό αμφισβήτηση. Κάποιοι ερευνητές, για παράδειγμα, αναρωτιούνται αν βασιζόμενος κάποιος στις πρακτικές της ΥΣ, θα μπορούσε να επιλύσει ένα πρόβλημα ηθικής φύσης ή δεοντολογίας (Jones, 2006), καθώς τέτοιου είδους προβλήματα απαιτούν τη βαθύτερη κατανόηση αξιών και ιδεών και δεν επιλύονται ακολουθώντας μια σειρά βημάτων, δηλαδή έναν αλγόριθμο. Η άποψη, τέλος, ότι η εκμάθηση του προγραμματισμού για την ανάπτυξη της ΥΣ ενισχύει τις διανοητικές δεξιότητες των ανθρώπων, τις οποίες μπορούν να τις μεταφέρουν σε άλλα πεδία, βρίσκει αντιμέτωπους πολλούς ερευνητές, από τις αρχές της προώθησης της εκμάθησης του προγραμματισμού μέχρι και τις ημέρες μας (Guzdial, 2015· Tedre & Denning, 2016). Χαρακτηριστική σ' αυτό το σημείο είναι η άποψη του Koschmann (1997), σύμφωνα με τον οποίο, η εκμάθηση του προγραμματισμού είναι το ίδιο χρήσιμη για τους μαθητές όπως και η λατινική γλώσσα ήταν κάποτε, υπό την έννοια ότι ποτέ και για κανένα από τα δύο αντικείμενα δεν υπήρξε ποτέ απόδειξη ότι βελτιώνει τις δεξιότητες των μαθητών στην πραγματική ζωή.

6.4 Η ετοιμότητα των εκπαιδευτικών

Η αποτελεσματική ενσωμάτωση της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση απαιτεί υποστηρικτικά μέτρα προς τους διδάσκοντες, όπως ομόφωνα προκύπτει από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας των τελευταίων ετών (Bocconi κ.ά., 2016). Υπάρχει, λοιπόν, ανάγκη για παρεμβάσεις μεγάλης κλίμακας στη συνεχή επιμόρφωση των εκπαιδευτικών, δεδομένου ότι για την πλειονότητά τους το Πρόγραμμα Σπουδών για την απόκτηση του βασικού τους πτυχίου δεν περιελάμβανε την ΥΣ. Αναμενόμενο είναι, επομένως, να έχουν πολλά ερωτήματα αναφορικά με το περιεχόμενο του όρου της ΥΣ και για τα διδακτικά εργαλεία και τις πρακτικές που έχουν στη διάθεσή τους για να προωθήσουν την ανάπτυξή της από τους μαθητές τους. Δεδομένου, μάλιστα, ότι ένας δάσκαλος διδάσκει αρκετά γνωστικά αντικείμενα και όχι ένα συγκεκριμένο και εξειδικευμένο, ενδεχομένως να είναι ο κατάλληλος για να υποστηρίξει τους μαθητές στην ανάπτυξη της ΥΣ για την επίλυση προβλημάτων σε πολλαπλά πεδία, όπως πρεσβεύουν οι υποστηρικτές της (Mannila κ.ά., 2014).

Η αξία της επιμόρφωσης των εκπαιδευτικών στις στρατηγικές διδασκαλίας της ΥΣ αναδεικνύεται και από το γεγονός ότι οι μαθητές μαθαίνουν να σκέφτονται υπολογιστικά, όταν παρατηρούν τους δασκάλους τους να μοντελοποιούν τις στρατηγικές της σκέψης τους και καθοδηγούνται από τους τελευταίους να τις αξιοποιούν κι εκείνοι (NRC, 2010). Ακόμα και οι ίδιοι οι εκπαιδευτικοί θα μπορούσαν να ωφεληθούν μοιραζόμενοι ανάμεσά τους καλές πρακτικές για τη διδασκαλία της ΥΣ, μέσω δικτύων ανταλλαγής καλών πρακτικών, τα οποία μέχρι πρόσφατα δεν υπήρχαν (Bocconi κ.ά., 2016). Μέχρι το 2014, ωστόσο, δε σημειώθηκαν μεγάλες προσπάθειες για επιμόρφωση των εκπαιδευτικών για ενσωμάτωση της ΥΣ στη διδασκαλία και περιορίστηκαν κυρίως στους καθηγητές Πληροφορικής (Yadav κ.ά., 2014). Με βάση τα παραπάνω, κρίνεται τουλάχιστον αναγκαίο η έρευνα να εστιάσει στην αναζήτηση αποτελεσματικών προσεγγίσεων για την εκπαίδευση της νέας γενιάς εκπαιδευτικών, των μελλοντικών εκπαιδευτικών, στο περιεχόμενο και τις πρακτικές της ΥΣ.

Δεδομένου του κεντρικού ρόλου των εκπαιδευτικών της Πληροφορικής για την εκπλήρωση των στόχων που θέτουν τα Προγράμματα, ενδιαφέρον παρουσιάζει μια πρόσφατη έρευνα από τον ελληνικό χώρο, σύμφωνα με την οποία οι εκπαιδευτικοί δηλώνουν πως χρειάζονται περαιτέρω εκπαίδευση για την ενσωμάτωση της ΥΣ στην εκπαίδευση. Ειδικότερα, οι 136 καθηγητές Πληροφορικής πρωτοβάθμιας και δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης της έρευνας των Fessakis και Prantsoudi (2019) δήλωσαν στη συντριπτική τους πλειονότητα (95%) θετικοί απέναντι στην ενσωμάτωση της ΥΣ στη διδασκαλία τους, αλλά το μεγαλύτερο μέρος του δείγματος (81%) δήλωσε πως θα ήθελε να παρακολουθήσει επιμορφωτικές δράσεις για να το

πραγματοποιήσει, δεδομένων και παρανοήσεων που εξακολουθούν να υφίστανται σχετικά με την έννοια της ΥΣ. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί του δείγματος προκρίνουν τις δραστηριότητες κωδικοποίησης, τις δραστηριότητες εκπαιδευτικής ρομποτικής και τις δραστηριότητες στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Scratch έναντι άλλων για τη διδασκαλία της ΥΣ και στην πλειονότητά τους πιστεύουν ότι η διδασκαλία της μπορεί να ενταχθεί στα γνωστικά αντικείμενα των Μαθηματικών και των Φυσικών.

6.5 Άλλα ζητήματα

Η έμφαση στην ΥΣ και τον προγραμματισμό ως μέσο ανάπτυξης της μοιάζει για κάποιους επικριτές της ως μια «επανεφεύρεση του τροχού», θυμίζοντάς τους αντίστοιχες προσπάθειες των προηγούμενων δεκαετιών, που απέτυχαν (Tedre & Denning, 2016), ενώ η ιδέα της αξιοποίησης του υπολογιστή ως μέσου που μπορεί να φέρει την επανάσταση στη σκέψη και τη ζωή των ανθρώπων είναι αρκετά πιο παλιά και ανήκει σε καταξιωμένους επιστήμονες παλαιότερων εποχών, όπως ο Papert (1980) και ο diSessa (2000). Η σύγχρονη τάση, μάλιστα, υποβοηθήθηκε από την έντονη παρουσία των τεχνολογικών μέσων στην καθημερινή ζωή των ανθρώπων. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι παράχθηκε μεγάλη ποσότητα γνώσης στο τομέα της Πληροφορικής, τα αποτελέσματα δεν ήταν τα αναμενόμενα για την εκπαίδευση. Δεδομένου, λοιπόν, ότι ακόμη και στις μέρες μας είναι ακόμη έντονο το ζήτημα του ρόλου των ΤΠΕ στα Προγράμματα Σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης, οι επικριτές της ΥΣ θεωρούν πως η ΥΣ δεν έχει πολλά να προσφέρει στη θεώρησή μας για τον κόσμο και κινδυνεύει να αποτύχει, όπως και οι προηγούμενες προσπάθειες.

Στις προηγούμενες δεκαετίες κυριάρχησε, επίσης, η ταύτιση της Επιστήμης των Υπολογιστών με τον προγραμματισμό, αν και η θεώρηση αυτή αντιμετώπισε πολλές διακυμάνσεις. Ένας από τους κινδύνους που έχει να αντιμετωπίσει η ΥΣ και στις μέρες μας είναι η ταύτισή της με τον προγραμματισμό, θυμίζοντας τις ταυτίσεις των προηγούμενων δεκαετιών (Tedre & Denning, 2016). Κάποιοι επικριτές, δηλαδή, της ΥΣ την κατηγορούν ως συγκεκαλυμμένο προγραμματισμό, προκειμένου ο τελευταίος να εξασφαλίσει την καθιέρωσή του στην υποχρεωτική εκπαίδευση (Kafai, 2016). Επιπλέον, οι διεθνείς πρωτοβουλίες όπως η *Χρονιά του Κώδικα* (Year of Code), η *Ωρα του Κώδικα* (Hour of Code) και η *Ευρωπαϊκή Εβδομάδα Κώδικα* (European Code Week) δίνουν έμφαση στην κωδικοποίηση, η οποία αποτελεί μόνο ένα μέρος της διαδικασίας του προγραμματισμού. Οι πρωτοβουλίες για την

προώθηση της ΥΣ, επομένως, οφείλουν να εξετάσουν τα «λάθη» του παρελθόντος και να αποφύγουν την ταύτισή της με την κωδικοποίηση ή τον προγραμματισμό.

Τέλος, η αναφορά πολλών ορισμών της ΥΣ στα υπολογιστικά μοντέλα αναδεικνύει την αναγκαιότητα να έρχονται οι μαθητές σε επαφή με τα αποτελέσματα του σχεδιασμού του κώδικά τους, καθώς η διαδικασία του σχεδιασμού μοντέλων μπορεί να διευκολυνθεί μέσω της παρατήρησης των αποτελεσμάτων στα οποία οδηγεί (Tedre & Denning, 2016). Η ενίσχυση της ήδη ισχυρής σύνδεσης ανάμεσα στην ΥΣ και τη συμπεριφορά των μηχανών, σε πρακτικό ή θεωρητικό επίπεδο, μπορεί να συμβάλει στην καθιέρωση της ΥΣ στην υποχρεωτική εκπαίδευση και στην ενίσχυση της εφαρμοσιμότητάς της σε πολλά πεδία.

B. Η ΕΡΕΥΝΑ

7. Η ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

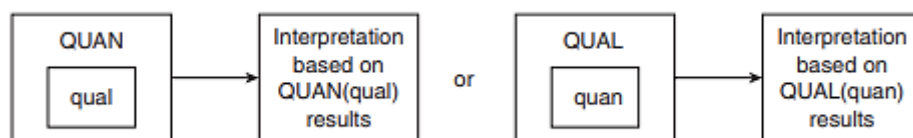
7.1 Το είδος της έρευνας

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές της ΥΣ υιοθετήθηκε σχεδιασμός που εντάσσεται στις σύγχρονες προσεγγίσεις των *μικτών μεθόδων* (mixed methods). Ως έρευνες μικτών μεθόδων μπορούν να οριστούν εκείνες «στις οποίες ο ερευνητής συλλέγει και αναλύει δεδομένα, ενοποιεί τα ευρήματα και αντλεί συμπεράσματα χρησιμοποιώντας τόσο ποιοτικές όσο και ποσοτικές προσεγγίσεις ή μεθόδους στην ίδια μελέτη» (Tashakkori and Creswell, 2007, σ. 4).

Ανάμεσα στα οφέλη της προσέγγισης των μικτών μεθόδων περιλαμβάνεται η σφαιρικότερη προσέγγιση των υπό μελέτη φαινομένων, δεδομένου ότι οι ποσοτικές προσεγγίσεις συχνά έχουν ως αφετηρία την οπτική του ερευνητή και οι ποιοτικές προσεγγίσεις εστιάζουν στην οπτική των υποκειμένων της έρευνας (Σαραφίδου, 2011). Με άλλα λόγια, ο συνδυασμός των μεθόδων μπορεί να περιορίζει την «ανάρμοστη βεβαιότητα» από την οποία απειλούνται οι έρευνες που αξιοποιούν μία μοναδική μέθοδο και η οποία αναφέρεται στην πίστη των ερευνητών ότι ανακάλυψαν τη μοναδική και «σωστή» απάντηση (Robson, 2007, σ. 441). Χάρη στην αξιοποίηση πολλαπλών μεθόδων, ακόμα, ο ερευνητής δεν επικεντρώνει σε ένα ερευνητικό ερώτημα, αλλά προσεγγίζει και συμπληρωματικές ερωτήσεις στο πλαίσιο της έρευνας (Robson, 2007). Τέλος, οι πολλαπλές μέθοδοι δίνουν τη δυνατότητα για την ενίσχυση της ερμηνευτικής δυνατότητας, όπως μπορεί να συμβεί με την πλαισίωση της ερμηνείας μιας στατιστικής ανάλυσης από ποιοτικά δεδομένα μιας συνέντευξης. Δε λείπουν, ωστόσο, οι επικριτές των μικτών μεθόδων, σύμφωνα με τους οποίους τα μεθοδολογικά παραδείγματα έχουν αυστηρά διακριτά χαρακτηριστικά και επομένως δεν πρέπει να συνδυάζονται (Sale κ.ά., 2002).

Σύμφωνα με τους Creswell και Plano Clark (2007), υπάρχουν τέσσερις βασικοί τύποι σχεδιασμών μικτών μεθόδων: α) ο *τριγωνικός σχεδιασμός* (triangulation design), β) ο *ενσωματωμένος σχεδιασμός* (embedded design), γ) ο *επεξηγηματικός σχεδιασμός* (explanatory design) και δ) ο *διερευνητικός σχεδιασμός* (exploratory design). Ο πρώτος τύπος, που αποτελεί και τον συνηθέστερο, χρησιμοποιείται όταν ο ερευνητής θέλει να συγκρίνει άμεσα και να αντιπαραβάλει ποσοτικά στατιστικά αποτελέσματα με ποιοτικά ευρήματα ή να επικυρώσει ή να επεκτείνει ποσοτικά αποτελέσματα με ποιοτικά δεδομένα. Στον ενσωματωμένο σχεδιασμό, που υιοθετήθηκε στην παρούσα έρευνα, ένα σύνολο δεδομένων ενός τύπου, ποιοτικών ή

ποσοτικών, κατέχει δευτερεύοντα ή υποστηρικτικό ρόλο σε μια μελέτη βασισμένη κυρίως στον άλλο τύπο δεδομένων. Οι ερευνητές συνηθίζουν να χρησιμοποιούν αυτόν τον σχεδιασμό, που περιγράφηκε για πρώτη φορά από τους Caracelli και Greene (1997), όταν ένα σύνολο δεδομένων δεν επαρκεί και πρέπει να ενσωματώσουν ποιοτικά ή ποσοτικά δεδομένα στο πλαίσιο μιας κυρίως ποσοτικής ή ποιοτικής έρευνας, αντίστοιχα, προκειμένου να απαντήσουν σε ένα ερευνητικό ερώτημα. Στις περιπτώσεις στις οποίες κυριαρχούν τα ποσοτικά δεδομένα, τα ποιοτικά δεδομένα μπορούν να παρέχουν δεδομένα για την εξέταση της διαδικασίας μιας παρέμβασης. Ο επεξηγηματικός σχεδιασμός αποτελείται από δύο διακριτές φάσεις: Η πρώτη, η ποσοτική, περιλαμβάνει ποσοτικά δεδομένα τα οποία ερμηνεύονται κατά τη δεύτερη φάση, την ποιοτική. Τέλος, ο διερευνητικός σχεδιασμός αποτελείται επίσης από δύο διακριτές φάσεις, από τις οποίες η πρώτη είναι η ποιοτική και ακολουθείται από την ποσοτική, που βοηθάει στην εξέταση των διαπιστώσεων της πρώτης.



Εικόνα 25. Ο ενσωματωμένος σχεδιασμός (embedded design) των μικτών μεθόδων (Creswell & Plano Clark, 2007, σ. 68)

Η παρούσα έρευνα, όπως προαναφέρθηκε, υιοθέτησε τον ενσωματωμένο σχεδιασμό των μικτών μεθόδων, στον οποίο πρωτεύοντα ρόλο κατείχαν τα ποσοτικά δεδομένα και υποστηρίχθηκαν από τα ποιοτικά. Ο συνδυασμός των μεθόδων είχε ως στόχο τη σύγκλιση των δύο τύπων δεδομένων για την προσέγγιση διαφορετικών όψεων των υπό μελέτη φαινομένων και την πληρέστερη διερεύνησή τους. Τα ποσοτικά και τα ποιοτικά δεδομένα συλλέχθηκαν ταυτόχρονα, δηλαδή κατά τη διάρκεια της ίδιας ερευνητικής διαδικασίας. Αρχικά, στην έρευνα για την αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων αξιοποιήθηκαν μόνο ποσοτικά δεδομένα. Ωστόσο, στην έρευνα για τη διερεύνηση του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών, τα ποσοτικά δεδομένα που αφορούσαν το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής υποστηρίχθηκαν από τα ποιοτικά δεδομένα που παρείχαν πληροφορίες για τις στρατηγικές που αξιοποίησαν οι μαθητές κατά τον εντοπισμό και την επιδιόρθωση σφαλμάτων κώδικα υπολογιστή. Ο συνδυασμός τους οδήγησε στην πληρέστερη περιγραφή της διαδικασίας που ακολούθησαν οι μαθητές κατά τη

δοκιμή και εκσφαλμάτωση έργων στο Scratch. Αντίστοιχα, στην έρευνα για την υπολογιστική πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής, συλλέχθηκαν ποιοτικά δεδομένα από ημιδομημένες συνεντεύξεις τα οποία όχι μόνο ποσοτικοποιήθηκαν με χρήση σχετικής ρουμπρίκας αξιολόγησης της πρακτικής αλλά και υποστήριξαν τα ποσοτικά δεδομένα που προέκυψαν από το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch, για την παρουσίαση διαφορετικών όψεων της πρακτικής, οι οποίες αλληλοσυμπληρώνονται.

7.2 Ο σκοπός της έρευνας-Ερευνητικά ερωτήματα

Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης (ανεξάρτητη μεταβλητή) με αντικείμενο τις έννοιες, τις πρακτικές και τις στάσεις της ΥΣ σε πρακτικές (εξαρτημένες μεταβλητές) μαθητών Δημοτικού σχολείου, οι οποίες, σύμφωνα με τα αποδεκτά μοντέλα για την ΥΣ, συμπεριλαμβάνονται στις συνιστώσες της και σχετίζονται με την κοινωνική της διάσταση. Ειδικότερα, διερευνήθηκε η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στην αυτοαντίληψη των συμμετεχόντων για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων (εξαρτημένη μεταβλητή), στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης (εξαρτημένη μεταβλητή) και στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής (εξαρτημένη μεταβλητή). Αναλυτικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν ήταν τα εξής:

1. Σε ποιο βαθμό επιδρά η διδακτική παρέμβαση στην αυτοαντίληψη των μαθητών αναφορικά με τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων;
2. α) Σε ποιο βαθμό επιδρά η διδακτική παρέμβαση στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών;
β) Σε ποιο βαθμό επιδρά η διδακτική παρέμβαση στην εφαρμογή συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης από τους μαθητές;
3. α) Σε ποιο βαθμό επιδρά η διδακτική παρέμβαση στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών;
β) Ως προς ποιες συνιστώσες της ΥΣ διαφοροποιούνται τα διασκευασμένα έργα των μαθητών σε σύγκριση με τα αρχικά έργα που τους δόθηκαν;

Για την απάντηση των ερωτημάτων πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός της συλλογής των δεδομένων της έρευνας, με φροντίδα για τήρηση των κανόνων της ερευνητικής

δεοντολογίας. Ειδικότερα, το εκπαιδευτικό υλικό ήταν κατάλληλο για τους μαθητές και τις μαθήτριες, διασφαλίστηκε η ανωνυμία της συμμετοχής τους στην έρευνα και προβλέφθηκε η δυνατότητα για διακοπή της συμμετοχής τους, στην περίπτωση που το ζητούσαν. Τέλος, αφού εξασφαλίστηκαν οι σχετικές άδειες, που αφορούσαν τη διεξαγωγή της έρευνας στις σχολικές μονάδες, ξεκίνησε η συλλογή των δεδομένων, σύμφωνα με τον σχεδιασμό που περιγράφεται στις επόμενες ενότητες.

7.3 Το ερευνητικό δείγμα

Στην έρευνα συμμετείχαν 103 μαθητές και μαθήτριες της ΣΤ' τάξης του Δημοτικού σχολείου που εργάστηκαν σε ζεύγη σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, κατά το διδακτικό έτος 2018–2019. Οι 44 (43% του συνόλου) απ' αυτούς είναι αγόρια και οι 59 (57% του συνόλου) είναι κορίτσια. Το δείγμα των τμημάτων ΣΤ' τάξης από τον πληθυσμό των μαθητών της ίδιας τάξης των σχολείων της χώρας προέκυψε από *δειγματοληψία ευκολίας* (convenience sampling), η οποία ενέχει την επιλογή των πλησιέστερων και πιο εύκαιρων ατόμων ως αποκρινόμενων (Robson, 2007). Οι συμμετέχοντες προήλθαν από 5 τμήματα 3 Δημοτικών σχολείων της Διεύθυνσης Πρωτοβάθμιας Εκπαίδευσης Ανατολικής Αττικής. Ο μαθητικός πληθυσμός των σχολείων της έρευνας ήταν μεταξύ 240 και 300 μαθητών.

Όσον αφορά τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων, δεν πραγματοποιήθηκε καταγραφή πρόσθετων πληροφοριών, δεδομένου ότι η διερεύνηση ενδεχόμενων διαφορών ή συσχετίσεων σε μεταβλητές που μετρήθηκαν στους συμμετέχοντες και οφείλονται στα ιδιαίτερα δημογραφικά τους χαρακτηριστικά δεν εμπίπτει στους σκοπούς της παρούσας έρευνας. Ωστόσο, αξίζει να σημειωθεί ότι οι μαθητές ήταν εξοικειωμένοι με τον συνεργατικό τρόπο εργασίας κατά τα προηγούμενα έτη της φοίτησής τους στο Δημοτικό σχολείο, διέθεταν βασικές δεξιότητες χρήσης υπολογιστή, ενώ κατά το τελευταίο τρίμηνο της προηγούμενης τάξης μόνο εξοικειώθηκαν με τη διεπιφάνεια χρήσης του περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού Scratch.

7.4 Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων

Δεδομένης της φύσης του ερευνητικού σχεδιασμού που υιοθετήθηκε και ο οποίος εντάσσεται στις προσεγγίσεις των μικτών μεθόδων, αξιοποιήθηκαν εργαλεία που οδήγησαν στην παραγωγή ποσοτικών δεδομένων, τα οποία υποστηρίχθηκαν από άλλα που οδήγησαν

στην παραγωγή ποιοτικών δεδομένων, όπως περιγράφηκε στο Κεφάλαιο 7.1. Η φύση της ΥΣ, άλλωστε, η οποία αφορά την επίλυση προβλημάτων σε πληθώρα επιστημονικών τομέων και η ανάγκη για συνδυασμό πολλαπλών εργαλείων αξιολόγησής της (βλ. Κεφάλαια 5 και 6), οδήγησε στην επιλογή για συνδυασμό πολλαπλών μεθόδων και εργαλείων συλλογής δεδομένων, με αξιοποίηση ερωτηματολογίου, ημιδομημένων συνεντεύξεων, γραπτών περιγραφών των ενεργειών των μαθητών από τους ίδιους, καταγραφών των ενεργειών τους επί της οθόνης του υπολογιστή, ρουμπρίκων αξιολόγησης και του διαδικτυακού εργαλείου Dr. Scratch, όπως φαίνεται στα κεφάλαια που ακολουθούν.

7.4.1 Ερωτηματολόγιο αυτοαντίληψης δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων

Το ερωτηματολόγιο αποτελεί ένα ιδιαίτερα χρήσιμο μέσο συλλογής δεδομένων, κυρίως για μια ποσοτική έρευνα, καθώς επιτρέπει στον ερευνητή να συλλέξει πολλές και τυποποιημένες πληροφορίες από μεγάλες πληθυσμιακές ομάδες, να κωδικοποιήσει άμεσα τα δεδομένα και να αξιοποιήσει πολλαπλές τεχνικές στατιστικής τους ανάλυσης (Σαραφίδου, 2011). Σύμφωνα με τον Robson (2007) «ένα καλό ερωτηματολόγιο προσφέρει μια έγκυρη μέτρηση των ερευνητικών ερωτημάτων, εξασφαλίζει τη συνεργασία των αποκρινόμενων, και αποσπά ακριβείς πληροφορίες» (σ. 285), μέσα από ερωτήσεις που διακρίνονται για τη σαφήνεια και την ακρίβειά τους.

Στην παρούσα έρευνα αξιοποιήθηκε η κλίμακα *Problem-solving Inventory for Children* (PSIC· βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2) των Serin κ.ά. (2010), η οποία προτείνεται να αξιοποιείται για τη μέτρηση της αυτοαντίληψης μαθητών Δημοτικού σχολείου αναφορικά με τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Πρόκειται για μια πεντάβαθμη κλίμακα τύπου *Likert* 24 προτάσεων, θετικά και αρνητικά διατυπωμένων, η οποία εκτείνεται σε ένα συνεχές από την τιμή 1 (*ποτέ*), ως την τιμή 5 (*πάντα*). Η κλίμακα χρησιμοποιήθηκε για την απάντηση στο πρώτο ερευνητικό ερώτημα, δηλαδή στη διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στην αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων (βλ. Κεφάλαιο 8) και χορηγήθηκε πριν την έναρξη των διδασκαλιών και μετά την ολοκλήρωσή τους, στην ίδια ακριβώς μορφή.

7.4.2 Ημιδομημένες συνεντεύξεις

Η συνέντευξη θα μπορούσε να οριστεί ως μια μορφή συνομιλίας, της οποίας τα ιδιαίτερα στοιχεία «αντανακλούν μια συνομιλία που έχει οργανωθεί και δομηθεί με ερωτήσεις

και απαντήσεις» (Mishler, 1996, σ. 11). Αποτελεί μια ερευνητική μέθοδο που αξιοποιείται ευρέως στην κοινωνική έρευνα και συνηθίζεται να διακρίνεται σε *δομημένη*, *ημιδομημένη* και *μη δομημένη*, ανάλογα με τον βαθμό δόμησης, δηλαδή του «βάθους» των αποκρίσεων που ζητάει ο ερευνητής (Robson, 2007, σ. 320). Μέσα από τις απαντήσεις των ερωτώμενων είναι δυνατό να καταγραφούν απόψεις, εμπειρίες, συναισθήματα, γνώσεις και άλλα στοιχεία από το παρελθόν, το παρόν ή το μέλλον τους. Η συνέντευξη, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους, παρουσιάζει αρκετά πλεονεκτήματα, όπως το γεγονός ότι αποτελεί έναν αρκετά ευέλικτο τρόπο άντλησης μεγάλου όγκου πληροφοριών (αξιοποιώντας και παραγλωσσικά μηνύματα), αλλά και αρκετά άμεσο, με τη δυνατότητα να περιλαμβάνει ακόμα και αναλφάβητα άτομα ή μικρά παιδιά.

Στην περίπτωση της ημιδομημένης συνέντευξης υπάρχει ευελιξία ως προς το περιεχόμενο και τη σειρά των ερωτήσεων, αν και πριν τη διενέργειά της έχει καταρτιστεί ένας κατάλογος θεμάτων τα οποία ο ερευνητής επιδιώκει να καλύψει χωρίς να τον παρασύρει η ροή της συζήτησης. Η διατύπωση κάποιων ερωτήσεων μπορεί να αλλάζει, μπορούν να διατυπώνονται επεξηγηματικές ερωτήσεις ή ακόμα και να παραλείπονται ερωτήσεις για συγκεκριμένους ερωτώμενους (Robson, 2007). Στην παρούσα έρευνα, έλαβαν χώρα ημιδομημένες συνεντεύξεις για τη συλλογή δεδομένων σχετικά με το επίπεδο επάρκειας τόσο της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης όσο και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής (βλ. Κεφάλαια 9 και 10). Ειδικότερα, στην πρώτη περίπτωση τα ποιοτικά δεδομένα των ημιδομημένων συνεντεύξεων αξιοποιήθηκαν για την παραγωγή δεδομένων σχετικά με τη διαδικασία επίλυσης των δοκιμασιών εκσφαλμάτωσης, ενώ στη δεύτερη περίπτωση μετασχηματίστηκαν σε ποσοτικά, προκειμένου να αξιολογηθεί το επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.

7.4.3 Γραπτές περιγραφές των ενεργειών των μαθητών

Σύμφωνα με τον Vygotsky (όπ. ανάφ. στο Pugalee, 2014), κατά την προσπάθεια κάποιου να γράψει, αυτόματα λαμβάνει χώρα μια αναλυτικού τύπου διαδικασία, στη διάρκεια της οποίας ο γράφων προσπαθεί να περιορίσει σε μεγάλο βαθμό την εσωτερική του ομιλία. Ο τελευταίος, μέσα από τη διαδικασία της καταγραφής των σκέψεών του, υποστηρίζεται στη σύνδεση μεταξύ της προϋπάρχουσας και της νέας γνώσης και διαμορφώνει συσχετισμούς ανάμεσά τους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός νοηματικού ιστού. Ταυτόχρονα, έχει φανεί πως η προσπάθεια των μαθητών να καταγράψουν τη διαδικασία που ακολούθησαν

προκειμένου να επιλύσουν προβλήματα μαθηματικών μπορεί να ενισχύσει την κριτική σκέψη και τη μεταγνώση (Powell, 1997· Pugalee, 2001). Οι γραπτές λέξεις, έτσι, μπορούν να παρέχουν ένα όχημα στους μαθητές για να επικοινωνούν με τον εαυτό τους και τους γύρω τους.

Στην παρούσα έρευνα, οι μαθητές κλήθηκαν να περιγράψουν με γραπτό τρόπο, απαντώντας σε σχετικές ερωτήσεις, τη διαδικασία που ακολούθησαν για την επίλυση δραστηριοτήτων εκσφαλμάτωσης στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Scratch (βλ. Κεφάλαιο 9). Στα δεδομένα των απαντήσεών τους εφαρμόστηκε «ανάλυση περιεχομένου», η οποία ως τεχνική έρευνας μπορεί να οδηγήσει σε επαληθεύσιμα συμπεράσματα μέσα από κείμενα, εικόνες ή βίντεο. Η διαδικασία που ακολουθήθηκε ξεκίνησε με τη θεματική ανάλυση, η οποία οδήγησε σε περιγραφή του τρόπου με τον οποίο εργάστηκαν οι μαθητές (θέματα· White & Marsh, 2006). Τέλος, τα θέματα τοποθετήθηκαν σε αντίστοιχες κατηγορίες, οι οποίες είχαν ήδη καθοριστεί και εξασφαλίστηκε ότι είναι εξαντλητικές (περιελάμβαναν όλα τα θέματα που εμφανίστηκαν), αποκλειστικές (κάθε θέμα μπορούσε να τοποθετηθεί μία μόνο φορά σε μία κατηγορία) και ανεξάρτητες (η τοποθέτηση σε μία κατηγορία δεν μπορούσε να επηρεάσει την τοποθέτηση σε άλλη).

7.4.4 Καταγραφές των ενεργειών επί της οθόνης

Οι καταγραφές των ενεργειών των μαθητών επί της οθόνης, σύμφωνα με τους Kucirkova και Falloon (2018), μπορούν να προσφέρουν συλλογή δεδομένων υψηλής ποιότητας για την εκπαιδευτική έρευνα, καθώς δίνουν τη δυνατότητα να ελαχιστοποιείται η υποκειμενικότητα των δεδομένων, μέσω της μείωσης της επίδρασης των προκαταλήψεων του ερευνητή. Ακόμα, σύμφωνα με τον Falloon (2019), τα δεδομένα που συλλέγονται είναι αυθεντικά και χαρακτηρίζονται από μεγάλο βαθμό αξιοπιστίας, καθώς η συλλογή τους πραγματοποιείται την ίδια στιγμή από πολλούς μαθητές που εργάζονται κάτω απ' τις ίδιες συνθήκες, χωρίς να υπάρχει κοντά τους ο ερευνητής που δίνει την εντύπωση του παρατηρητή που τους υποβάλλει σε δοκιμασίες. Τα δεδομένα που συλλέγονται, λοιπόν, μπορούν να παρέχουν εξειδικευμένες πληροφορίες για τις δραστηριότητες και τις εμπειρίες των μαθητών, με τρόπο που συχνά δεν μπορούν να παρέχουν οι συμβατικές μέθοδοι συλλογής δεδομένων. Η ανάλυση, ακόμα, καταγραφών μέσω μιας εφαρμογής ταμπλέτας (iPad) την ώρα που εργάζονταν μαθητές έχει δείξει ότι είτε ξέχασαν ότι πραγματοποιούνταν εγγραφή των ενεργειών τους είτε ότι αυτό δεν οδήγησε σε διαφορές στη συμπεριφορά ή την επίδοσή τους,

καθώς δε βρέθηκαν οπτικά ή λεκτικά στοιχεία που να δείχνουν ότι τα παιδιά προσπάθησαν να ικανοποιήσουν τις προσδοκίες του ερευνητή (Falloon, 2019).

Στην παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε καταγραφή των ενεργειών των μαθητών επί της οθόνης του υπολογιστή σε ποσοστό 5% των σταθμών εργασίας των εργαστηρίων στα οποία έλαβε χώρα η διδακτική παρέμβαση. Το συγκεκριμένο ποσοστό ήταν το μέγιστο που μπορούσε να επιτευχθεί με βάση την υλικοτεχνική υποδομή των εργαστηρίων στα οποία πραγματοποιήθηκε η έρευνα. Η καταγραφή πραγματοποιήθηκε με χρήση του ενσωματωμένου στο λειτουργικό σύστημα των σταθμών εργασίας λογισμικού καταγραφής και αξιοποιήθηκε για την εμβάθυνση στη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης σεναρίων του Scratch από την πλευρά των μαθητών (βλ. Κεφάλαιο 9).

7.4.5 Ρουμπρίκες αξιολόγησης

Οι *ρουμπρίκες αξιολόγησης* (rubrics) συνιστούν μια ευρέως χρησιμοποιούμενη ποιοτική τεχνική αξιολόγησης της επίδοσης των εκπαιδευόμενων. Σύμφωνα με τους Κουλουμπαρίτη και Ματσαγγούρα (2004), ο όρος ρουμπρίκα αξιολόγησης αναφέρεται στην ελληνική βιβλιογραφία και ως *κλίμακα διαβαθμισμένων κριτηρίων* και αντιστοιχεί στον διεθνή όρο *rubric assessment*. Ένας συνήθης ορισμός των ρουμπρικών αξιολόγησης τις ορίζει ως έναν περιγραφικό οδηγό βαθμολογίας, μέσω του οποίου εκ των προτέρων περιγράφονται με σαφήνεια οι προσδοκίες από την εκτέλεση μιας εργασίας (Reddy & Andrade, 2010).

Με βάση τα παραπάνω, μια ρουμπρίκα αξιολόγησης αποτελείται από μια σειρά κριτηρίων, τα οποία αναφέρονται στους παράγοντες ή τις προδιαγραφές που ο αξιολογητής λαμβάνει υπόψη του όταν καθορίζει την ποιότητα της εργασίας του μαθητευόμενου. Επίσης, αποτελείται από τα επίπεδα επίδοσης, που αναφέρονται στα επίπεδα ποιότητας του έργου, όπως για παράδειγμα *χαμηλό*, *μέτριο* και *υψηλό* επίπεδο. Τα επίπεδα συνοδεύονται από λεπτομερείς περιγραφές της εργασίας του μαθητευόμενου, προκειμένου εκείνη να κριθεί ότι κατατάσσεται σε καθένα από τα επίπεδα επίδοσης. Σε αντιστοιχία με τα επίπεδα επίδοσης, τέλος, μια ρουμπρίκα αξιολόγησης περιλαμβάνει την κλίμακα της βαθμολογίας, στην οποία υψηλότερες βαθμολογίες αντιστοιχούν σε υψηλότερα επίπεδα επίδοσης (Κουλουμπαρίτη & Ματσαγγούρας, 2004).

Τα συχνότερα χρησιμοποιούμενα είδη ρουμπρικών είναι οι *ολιστικές* (holistic) και οι *αναλυτικές* (analytical). Οι πρώτες αξιολογούν συνολικά την ποιότητα της εργασίας του

μαθητευόμενου, αποδίδοντάς της μια συνολική βαθμολογία, που ενσωματώνει όλα τα κριτήρια με βάση τα οποία κρίνεται η εργασία. Αν και δεν απαιτούν αρκετό χρόνο για την ανάπτυξη και την εφαρμογή τους, δεν παρέχουν λεπτομερή ανατροφοδότηση στον μαθητευόμενο για τα δυνατά και τα αδύνατα σημεία της εργασίας του (Slater & Boulet, 2001). Οι αναλυτικές, απ' την άλλη, αποτελούνται από επιμέρους κριτήρια, δύο ή περισσότερα, τα οποία αξιολογούνται διαφορετικά και από το άθροισμα των βαθμολογιών των οποίων προκύπτει ο τελικός βαθμός. Η δημιουργία και η εφαρμογή τους αποτελεί χρονοβόρα διαδικασία, αλλά μπορεί να παρέχει χρήσιμη ανατροφοδότηση για τα δυνατά και αδύνατα σημεία της εργασίας που αξιολογείται. Επίσης, υπάρχει η δυνατότητα απόδοσης συντελεστών βαρύτητας στα επιμέρους κριτήρια αξιολόγησης ως προς την εξαγωγή της τελικής βαθμολογίας της ρουμπρίκας (Bharuthram & Patel, 2017).

Στην παρούσα έρευνα, αξιοποιήθηκαν αναλυτικές ρουμπρίκες αξιολόγησης προκειμένου να αξιολογηθεί το επίπεδο επάρκειας των υπολογιστικών πρακτικών της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των συμμετεχόντων (βλ. Κεφάλαια 9 και 10). Το γεγονός ότι ποιοτικά δεδομένα της έρευνας μετασχηματίστηκαν σε ποσοτικά μέσω της χρήσης των ρουμπρίκων, κατατάσσει τις ρουμπρίκες και στα εργαλεία ανάλυσης των δεδομένων. Τόσο στην περίπτωση της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης όσο και εκείνης της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής, αξιοποιήθηκαν οι ρουμπρίκες που παρέχονται από τον οδηγό δραστηριοτήτων Creative Computing και προτείνονται από τους δημιουργούς του ως μέσα συλλογής δεδομένων για την αξιολόγηση της ανάπτυξης των πρακτικών της ΥΣ των μαθητών (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.3 και 4.2). Αμφότερες, ακόμα, οι κλίμακες αποτελούνται από 4 προτάσεις-κριτήρια, για τις οποίες ορίστηκαν 3 επίπεδα επίδοσης. Το *χαμηλότερο* επίπεδο έλαβε 1 βαθμό, το *μέτριο* 2 βαθμούς και το *υψηλό* 3 βαθμούς (εύρος 4–12 βαθμών ή μέσης τιμής της αξιολογούμενης πρακτικής 1–3).

7.4.6 Το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch

Το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch, όπως έχει περιγραφεί στο Κεφάλαιο 5.3.3, χρησιμοποιείται από εκπαιδευόμενους και εκπαιδευτές για την ανάλυση έργων του Scratch και τη λήψη ανατροφοδότησης, προκειμένου οι πρώτοι να βελτιώσουν τα έργα τους και οι τελευταίοι να αξιολογήσουν τους μαθητές τους και να λάβουν αποφάσεις για τη διδασκαλία. Το εργαλείο αξιολογεί τα προγράμματα του Scratch ως προς 7 κριτήρια-συνιστώσες της ΥΣ (αφαίρεση και αποσύνθεση του προβλήματος, παραλληλία, λογική, συγχρονισμός, έλεγχος

ροής, αλληλεπίδραση με τον χρήστη, αναπαράσταση δεδομένων). Η βαθμολογία σε καθένα επιμέρους κριτήριο εξάγεται σε κλίμακα 0–3 βαθμών, με αποτέλεσμα η συνολική βαθμολογία του έργου να κυμαίνεται από 0 ως 21 βαθμούς.

Σύμφωνα με τους δημιουργούς του (<http://www.drscratch.org>), η συνιστώσα της αφαίρεσης και αποσύνθεσης του προβλήματος αναφέρεται στην ικανότητα διάσπασης ενός προβλήματος σε μικρότερα τμήματα, τα οποία είναι ευκολότερο να γίνουν κατανοητά, να προγραμματιστούν και να εκσφαλματωθούν. Η παραλληλία είναι η πιθανότητα να συμβαίνουν αρκετά πράγματα ταυτόχρονα, όπως για παράδειγμα δύο χαρακτήρες να κάνουν κάποια ενέργεια ταυτόχρονα ή ένας χαρακτήρας να κάνει πολλά πράγματα την ίδια στιγμή. Η λογική αφορά τη δυναμικότητα των έργων, υπό την έννοια της διαφορετικής τους συμπεριφοράς ανάλογα με την κατάσταση. Για παράδειγμα, σε ένα ψηφιακό παιχνίδι απαιτούνται διαφορετικές ενέργειες ανάλογα με τις συνθήκες. Όσον αφορά τον συγχρονισμό, το εργαλείο αξιολογεί τον βαθμό στον οποίο οι εντολές εκτελούνται με τη σειρά που επιθυμεί ο προγραμματιστής, ενώ στη μεταβλητή του ελέγχου της ροής περιλαμβάνονται οι οδηγίες που σχετίζονται με τον έλεγχο της συμπεριφοράς των χαρακτήρων, με τον ορισμό, για παράδειγμα, συγκεκριμένων πλακιδίων εντολών που εκτελούνται για έναν συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων ή μέχρι μια συνθήκη να εκπληρωθεί. Η μεταβλητή της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη αφορά τις ενέργειες του χρήστη με τις οποίες μπορεί να προκαλεί νέες καταστάσεις στο πρόγραμμα, όπως το πάτημα ενός πλήκτρου για την κίνηση του χαρακτήρα. Τέλος, η αναπαράσταση των δεδομένων αφορά εκείνες τις πληροφορίες που σχετίζονται με τη θέση κάθε χαρακτήρα, την κατεύθυνσή του, το μέγεθός του κ.ά., όπως επίσης και τη δημιουργία μεταβλητών (π.χ. τον διανυθέντα χρόνο και τις εναπομένουσες ζωές) που μπορούν να αφορούν ένα ψηφιακό παιχνίδι. Το εργαλείο αξιοποιήθηκε για αξιολόγηση ως προς τις παραπάνω έννοιες της ΥΣ των έργων των μαθητών που προέκυψαν μετά από διασκευή έργων που τους δόθηκαν (βλ. Κεφάλαιο 10).

7.5 Η διαδικασία συλλογής των δεδομένων

7.5.1 Γενική περιγραφή της διδακτικής παρέμβασης

Η συλλογή των δεδομένων της έρευνας πραγματοποιήθηκε κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο την ΥΣ και τις συνιστώσες της, με εξαίρεση το ερωτηματολόγιο που χορηγήθηκε στους μαθητές κατά την πρώτη συνάντηση μαζί τους και χορηγήθηκε εκ νέου και στην ίδια μορφή κατά την τελευταία συνάντηση. Η διδακτική

παρέμβαση έλαβε χώρα για 28 περίπου διδακτικές ώρες, μία σε κάθε εβδομάδα μαθημάτων, όπως αντιστοιχούσαν στις διδακτικές ώρες που προβλέπει το ωρολόγιο πρόγραμμα του Δημοτικού σχολείου για τη διδασκαλία του γνωστικού αντικείμενου των ΤΠΕ στη ΣΤ' τάξη. Το ξεκίνημά της πραγματοποιήθηκε στα τέλη του Σεπτεμβρίου του διδακτικού έτους 2018–2019 και η ολοκλήρωσή της τον Ιούνιο του 2019, μαζί με τη λήξη του διδακτικού έτους.

Οι διδασκαλίες που έλαβαν χώρα στο πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης, βασίστηκαν στις προτεινόμενες δραστηριότητες του οδηγού Creative Computing (Brennan κ.ά., 2014) που συνοδεύει το περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Scratch. Οι δημιουργοί του οδηγού τον περιγράφουν ως μια συλλογή από ιδέες, στρατηγικές και δραστηριότητες για την εισαγωγή των μαθητών στη δημιουργική χρήση του υπολογιστή. Οι ίδιοι ενθαρρύνουν τον αναγνώστη του οδηγού να εφαρμόσει μικρό ή μεγάλο μέρος του οδηγού ή ακόμη και να σχεδιάσει νέες δραστηριότητες με βάση εκείνες του οδηγού. Οι δραστηριότητες είναι σχεδιασμένες με τρόπο τέτοιο, ώστε να ενθαρρύνουν την ανάπτυξη εννοιών, πρακτικών και στάσεων της ΥΣ. Στόχος των δημιουργών, ακόμα, είναι η απομάκρυνση των μαθητών από τον ρόλο του καταναλωτή κατά την πρόσβαση στον υπολογιστή και η ενθάρρυνσή τους για την ανάληψη του ρόλου του δημιουργού υπολογιστικών τεχνουργημάτων (computational artifacts). Μέσα από τη διαδικασία αυτή, επιδιώκεται η ανάπτυξη των μαθητών ως υπολογιστικών στοχαστών (computational thinkers), δηλαδή ατόμων που μπορούν να αξιοποιήσουν την ΥΣ σε όλες τις πτυχές της ζωής τους, σε όλους τους κλάδους και τα πλαίσια. Ο ρόλος αυτός, κατά τους δημιουργούς του οδηγού, τοποθετείται υψηλότερα από τον ρόλο του επιστήμονα της Επιστήμης των Υπολογιστών.

Ο οδηγός εμπνέεται από εποικοδομητικές προσεγγίσεις για τη μάθηση και εστιάζει σε μια σειρά από αρχές. Η δημιουργία είναι η πρώτη απ' αυτές και υλοποιείται μέσα από την παροχή ευκαιριών στους μαθητευόμενους να εμπλακούν στον σχεδιασμό και τη δημιουργία και όχι μόνο στην ακρόαση, την παρατήρηση και τη χρήση. Η εξατομίκευση αποτελεί τη δεύτερη αρχή, υπό την έννοια της παροχής ευκαιριών στους μαθητευόμενους για συμμετοχή σε δραστηριότητες που σχετίζονται με τα ενδιαφέροντά τους και έχουν νόημα για τους ίδιους. Ο οδηγός, ακόμα, στηρίζει τη συνεργασία ανάμεσα στους μαθητευόμενους και σε άλλους, όπως ένα κοινό των έργων τους, εκπαιδευτές και συνεργάτες. Τέλος, ο οδηγός υποστηρίζει τον αναστοχασμό των αρχάριων προγραμματιστών σχετικά με τις δημιουργικές τους πρακτικές.

Πίνακας 9. Έννοιες και πρακτικές της ΥΣ ανά ενότητα της διδακτικής παρέμβασης που υλοποιήθηκε

Ενότητα	Διδακτικές ώρες	Έννοιες της ΥΣ	Πρακτικές της ΥΣ
Εισαγωγή	3		
Εξερεύνηση	5	ακολουθία	προσαύξηση και επανάληψη δοκιμή και εκσφαλμάτωση
Κινούμενα Σχέδια	6	βρόχοι συμβάντα παραλληλία	δοκιμή και εκσφαλμάτωση επαναχρησιμοποίηση και διασκευή
Ιστορίες	7	συμβάντα παραλληλία	προσαύξηση και επανάληψη δοκιμή και εκσφαλμάτωση επαναχρησιμοποίηση και διασκευή
Παιχνίδια	7	συνθήκες τελεστές δεδομένα	προσαύξηση και επανάληψη δοκιμή και εκσφαλμάτωση επαναχρησιμοποίηση και διασκευή νοητική αφαίρεση και τμηματοποίηση

Ο οδηγός είναι οργανωμένος σε μια σειρά από διδακτικές ενότητες, καθεμία από τις οποίες περιλαμβάνει συνήθως έξι δραστηριότητες. Όπως περιγράφεται αναλυτικά στο Κεφάλαιο 7.5.2, η πρώτη ενότητα που υλοποιήθηκε (*Εισαγωγή*) είναι εισαγωγική, ενώ η δεύτερη (*Εξερεύνηση*) αξιοποιεί όσα κατακτήθηκαν στην εισαγωγή για την τη δημιουργία του πρώτου έργου των μαθητών. Ακολουθεί μια ενότητα με θέμα τα κινούμενα σχέδια (*Κινούμενα Σχέδια*), άλλη μία που εστιάζει στην ψηφιακή αφήγηση ιστοριών (*Ιστορίες*) και μία που εστιάζει στα ψηφιακά παιχνίδια (*Παιχνίδια*). Ακόμα, ο οδηγός αποτελείται από μια ενότητα κατά την οποία οι μαθητές επιστρέφουν σε προηγούμενα έργα τους και αναστοχάζονται σχετικά μ' αυτά (*Εμβάθυνση*) και μια ενότητα κατά την οποία σχεδιάζουν και υλοποιούν ένα ολοκληρωτικό δικό τους έργο (*Hackathon*). Οι δύο αυτές ενότητες δεν υλοποιήθηκαν στην παρούσα έρευνα, εξαιτίας έλλειψης διδακτικού χρόνου. Οι έννοιες και οι πρακτικές της ΥΣ στις οποίες εστίασε κάθε διδακτική ενότητα που υλοποιήθηκε στην παρούσα διδακτική παρέμβαση συνοψίζονται στον Πίνακα 9.

Οι ωριαίες διδασκαλίες πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια υπολογιστών των σχολείων της έρευνας, τα οποία διέθεταν έναν προβολέα (projector), έναν φορητό υπολογιστή για τον εκπαιδευτικό και έναν υπολογιστή συνδεδεμένο σε τοπικό δίκτυο ανά δύο μαθητές. Οι περιορισμοί της υλικοτεχνικής υποδομής των σχολείων, μαζί με τη θέση του ερευνητή υπέρ της συνεργατικής μάθησης με τη χρήση υπολογιστή και την έμφαση στην κοινωνική διάσταση της ΥΣ, υπαγόρευσε την επιλογή της εργασίας και του προγραμματισμού σε ζεύγη (pair programming) σε όλη τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης. Τα ζεύγη των μαθητών σχηματίστηκαν με τυχαίο τρόπο και παρέμειναν αμετάβλητα μέχρι την ολοκλήρωση των διδασκαλιών. Αξίζει να σημειωθεί ότι, όπως έχει αναφερθεί στο Κεφάλαιο 2.4, η Ελλάδα συγκαταλέγεται στις χώρες που έχουν προγραμματίσει την εισαγωγή της ανάπτυξης συνιστωσών της ΥΣ στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών. Συνεπώς, κατά τη διάρκεια της πραγματοποίησης της διδακτικής παρέμβασης, η ΥΣ δεν αποτελούσε μέρος του.

Κατά την πραγματοποίηση των διδασκαλιών, ο ερευνητής συνεργάστηκε ισότιμα με τον εκπαιδευτικό του γνωστικού αντικείμενου των ΤΠΕ. Ωστόσο, οι κατευθύνσεις της διδακτικής παρέμβασης ορίστηκαν εξ ολοκλήρου από τον ερευνητή, με βάση τον σχεδιασμό της έρευνας. Ειδικότερα, πριν την έναρξη των διδασκαλιών εξασφαλίστηκε ότι κάθε σταθμός εργασίας διέθετε πλήρως λειτουργική οθόνη, πληκτρολόγιο και ποντίκι, όπως επίσης και ότι υπήρχε εγκατεστημένη η έκδοση του περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού Scratch. Σε δύο από τα πέντε τμήματα της ΣΤ' τάξης που έλαβαν μέρος στην έρευνα, αξιοποιήθηκε η διαδικτυακή εκδοχή του περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού Scratch και στις περιπτώσεις αυτές, επίσης, εξασφαλίστηκε η απρόσκοπτη πρόσβαση στο περιβάλλον. Αξίζει να σημειωθεί πως περίπου στο μέσο της διδακτικής παρέμβασης πραγματοποιήθηκε αναβάθμιση του περιβάλλοντος στην επόμενη έκδοση, από την έκδοση 2 στην έκδοση 3. Μετά από εξέταση της νέας έκδοσης, φάνηκε πως δεν υπέστη αλλαγές που θα μπορούσαν να επηρεάσουν τους επιδιωκόμενους στόχους των δραστηριοτήτων. Ακόμα, ο προβολέας των εργαστηρίων ελέγχθηκε και εξασφαλίστηκε ότι ανά πάσα στιγμή οι μαθητές είχαν καλή ορατότητα στο προβαλλόμενο περιεχόμενο.

Κατά τις διδασκαλίες και ακολουθώντας πιστά τον σχεδιασμό της έρευνας, ο ερευνητής και ο εκπαιδευτικός του τμήματος ανέλαβαν εκ περιτροπής την παροχή οδηγιών στην ολομέλεια της τάξης και την «επίσκεψη» στους σταθμούς εργασίας για τον έλεγχο της προόδου των δραστηριοτήτων και τη συλλογή των δεδομένων. Στην αρχή κάθε διδασκαλίας ανακοινώθηκε από τον ερευνητή στους μαθητές ο βασικός και οι επιμέρους στόχοι της διδακτικής συνεδρίας. Έγινε προσπάθεια να δίνονται στους μαθητές σαφείς οδηγίες και σπάνια

ο ερευνητής και ο εκπαιδευτικός ανέλαβαν να ολοκληρώσουν εργασία που ανατέθηκε στους μαθητές. Αντίθετα, σε περιπτώσεις που οι μαθητές δυσκολεύτηκαν να εκτελέσουν κάποια εργασία, τους δόθηκαν αναλυτικές οδηγίες, με υπόδειξη στην οθόνη και στο πληκτρολόγιο των σημείων στα οποία απαιτούνταν κάποια ενέργεια ή έπρεπε να πατηθεί κάποιο πλήκτρο. Ανά τακτά χρονικά διαστήματα υπενθυμίστηκε στους μαθητές να αποθηκεύσουν την εργασία τους και δόθηκαν οδηγίες για τη θέση αποθήκευσης και το όνομα των αρχείων. Σε κάθε περίπτωση, οι προσπάθειες των μαθητών ενθαρρύνθηκαν και ενισχύθηκαν και επιδιώχθηκε να πιστέψουν ότι είναι ικανοί να προγραμματίσουν, όπως και ότι ο προγραμματισμός είναι μια ευχάριστη και δημιουργική δραστηριότητα.

Μετά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων της συνεδρίας, έγινε από τον ερευνητή στην ολομέλεια της τάξης σύνοψη των στόχων που εκπληρώθηκαν και συζήτηση αποριών των μαθητών. Ο ερευνητής και ο εκπαιδευτικός φρόντισαν για την πραγματοποίηση εξόδου από το περιβάλλον του Scratch, αφού είχε πραγματοποιηθεί αποθήκευση του έργου των μαθητών, όπως και για τον τερματισμό της λειτουργίας των σταθμών εργασίας. Ο ερευνητής απάντησε σε απορίες των μαθητών, τους ευχαρίστησε για τη συμμετοχή τους στις δραστηριότητες και κατέγραψε σημειώσεις που σχετίζονταν με τον προγραμματισμό της έρευνας.

7.5.2 Περιγραφή ανά διδακτική ενότητα

7.5.2.1 Εισαγωγή

Η εισαγωγική ενότητα (Getting Started) του οδηγού δραστηριοτήτων επιδιώκει να εισαγάγει τους μαθητές σε μια νέα, για πολλούς απ' αυτούς, φιλοσοφία, εκείνη της δημιουργικής αξιοποίησης του υπολογιστή. Το γεγονός ότι η ενότητα αυτή χαρακτηρίζεται ως προπαρασκευαστική αποτελεί τον λόγο για τον οποίο κατά την αρίθμηση των ενοτήτων από τους δημιουργούς του οδηγού έλαβε το αριθμητικό ψηφίο 0 και όχι το 1, όπως θα περίμενε κάποιος για την πρώτη ενότητα ενός έργου. Πέρα από την εισαγωγή των μαθητών στις συνιστώσες της ΥΣ, η ενότητα επιδιώκει την αλληλεπίδραση ανάμεσα στους μαθητές, την ανάληψη πρωτοβουλιών χωρίς φόβο και την ανάπτυξη αισθήματος αυτοπεποίθησης. Οι δραστηριότητες της ενότητας απαίτησαν περίπου 3 διδακτικές ώρες.

Αρχικά, πραγματοποιήθηκε εισαγωγή των μαθητών στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού, Scratch. Οι μαθητές παρακολούθησαν το βίντεο επισκόπησης (overview) του περιβάλλοντος (<http://www.youtube.com/watch?v=-SjuiawRMU4>), στο οποίο παρουσιάζονται δείγματα έργων που μπορούν να υλοποιηθούν σ' αυτό και μπορούν να

αποτελέσουν πηγή έμπνευσης για μελλοντικά έργα. Ακολούθησε συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης μεταξύ μαθητών και ερευνητή σχετικά με τις εμπειρίες των μαθητών με τους υπολογιστές και τον προγραμματισμό και σχετικά με τις πρώτες τους ιδέες για έργα που θα ήθελαν να δημιουργήσουν. Στα δύο από τα πέντε τμήματα που έλαβαν μέρος στην έρευνα και τα οποία εργάστηκαν στη διαδικτυακή εκδοχή του περιβάλλοντος, δόθηκε στη συνέχεια φύλλο οδηγιών για τη δημιουργία λογαριασμού χρήστη στην ιστοσελίδα του Scratch (βλ. Παράρτημα 1.0.1), προκειμένου τα έργα τους να μπορούν να αποθηκευτούν στην προσωπική σελίδα χρήστη. Έπειτα, ο ερευνητής παρουσίασε στους μαθητές δείγματα *ημερολογίων σχεδίασης*, δηλαδή σημειωματάρων στα οποία μπορούσαν να καταγράφουν τις ιδέες τους για μελλοντικά έργα, διάφορες σημειώσεις ή σκέψεις τους που προέκυπταν κατά τη διάρκεια των δραστηριοτήτων και ενθαρρύνθηκαν να μοιραστούν ένα παρόμοιο με τον συνεργάτη τους.

Κατά τη διάρκεια της εισαγωγικής ενότητας, ακόμα, τα ζεύγη των μαθητών έλαβαν το φύλλο της δραστηριότητας *Έκπληξη* (βλ. Παράρτημα 1.0.2), για την οποία δημιούργησαν ένα νέο αρχείο στο Scratch και πειραματίστηκαν με τη λειτουργία καθενός από τα πλακίδια εντολών. Ακόμα, ο ερευνητής παρουσίασε στην ολομέλεια τη λειτουργία των *studios*, δηλαδή ομάδων έργων με παρόμοιο θέμα και δόθηκε λίγος χρόνος για αναζήτηση κάποιων και πλοήγηση σ' αυτά.

7.5.2.2 Εξερεύνηση

Στόχος της δεύτερης ενότητας του οδηγού, της Εξερεύνησης (Exploring), είναι οι μαθητές να χρησιμοποιήσουν τις εμπειρίες που απέκτησαν από την εισαγωγική ενότητα ως θεμέλια για τη δημιουργία του πρώτου, διαδραστικού τους έργου στο Scratch. Μέσα από τον συνδυασμό δομημένων και ανοιχτού τύπου δραστηριοτήτων, επιδιώκεται οι μαθητές να εμπλακούν στην εξερεύνηση μιας βασικής έννοιας της ΥΣ, της ακολουθίας, αναγνωρίζοντας και καθορίζοντας ακολουθίες οδηγιών, αλλά και με τις πρακτικές της ΥΣ της προσαύξεσης και επανάληψης και της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης. Οι μαθητές, έτσι, εξοικειώνονται με τη λειτουργία περισσότερων πλακιδίων και τα αξιοποιούν για να «μεταφράσουν» τις ιδέες τους σε κώδικα που αναγνωρίζει ο υπολογιστής. Οι δραστηριότητες της ενότητας αυτής διήρκεσαν περίπου 5 ώρες.

Αρχικά, ζητήθηκε από τους μαθητές να περιγράψουν δραστηριότητες της καθημερινής τους ζωής, για τις οποίες είναι ανάγκη να ακολουθούν συγκεκριμένα βήματα. Οι απαντήσεις των μαθητών αξιοποιήθηκαν για μια συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης, την οποία

κατηύθυνε ο ερευνητής, σχετικά με τη σημασία μιας συγκεκριμένης ακολουθίας βημάτων για την επίτευξη ενός τελικού στόχου. Κάποιες από τις οδηγίες γράφτηκαν στον πίνακα του εργαστηρίου ως σύντομες προτάσεις, ακολουθώντας έναν βαθμό τυποποίησης. Οι μαθητές γνώρισαν μ' αυτόν τον τρόπο την έννοια του *ψευδοκώδικα* και έμαθαν ότι συχνά χρησιμοποιείται από τους προγραμματιστές κατά τα αρχικά στάδια της εργασίας τους. Στη συνέχεια, ακολούθησαν τις οδηγίες του φύλλου εργασιών *Βήμα-Βήμα* (βλ. Παράρτημα 1.1.1) και δημιούργησαν ένα πρόγραμμα, το οποίο εκκινούσε με τα πάτημα της πράσινης σημαίας και στο οποίο η γάτα του Scratch αρχικά έκανε 10 βήματα και στη συνέχεια έλεγε «Γεια!». Οι μαθητές πρόσθεσαν στο πρόγραμμα εντολές, εξατομικεύοντάς το.

Η επόμενη δραστηριότητα των μαθητών είχε ως στόχο τον πειραματισμό τους με περισσότερα πλακίδια του Scratch. Τους δόθηκε φύλλο εργασιών (βλ. Παράρτημα 1.1.2), στο οποίο υπήρχε η περιγραφή της δραστηριότητας *10 Blocks*. Κατά τη δραστηριότητα αυτή, οι μαθητές κλήθηκαν να δημιουργήσουν προγράμματα με τη χρήση 10 συγκεκριμένων τύπων πλακιδίων, αλλά για όσες φορές επιθυμούσαν τον καθένα. Μετά τη διαδικασία του προγραμματισμού, οι μαθητές μίλησαν για τα πλεονεκτήματα και τις δυσκολίες που είχε ο περιορισμός της χρήσης των συγκεκριμένων τύπων πλακιδίων.



Εικόνα 26. Το σενάριο της δεύτερης δραστηριότητας εκσφαλμάτωσης

Στη συνέχεια, οι μαθητές εκσφαλμάτωσαν δύο προγράμματα του Scratch, το πρώτο από τα οποία περιελάμβανε τη γάτα του Scratch και ακόμα ένα αντικείμενο. Ο σχεδιασμός του προγράμματος προέβλεπε ότι με το πάτημα της σημαίας τα δύο αντικείμενα θα άρχιζαν να χορεύουν, αλλά μόνο το ένα αντικείμενο χόρευε. Στο δεύτερο πρόγραμμα (βλ. Εικόνα 26) η γάτα του Scratch αναμενόταν να ξεκινήσει από την αριστερή πλευρά της σκηνής, να πει κάτι

σχετικό με τη θέση της εκεί, να ολισθήσει προς τη δεξιά πλευρά της σκηνής και να πει κάτι και εκεί, επαναλαμβάνοντας συνεχώς την ίδια διαδικασία. Όταν οι μαθητές εκτέλεσαν το πρόγραμμα, η διαδικασία πραγματοποιήθηκε μόνο μία φορά. Ο ερευνητής πραγματοποίησε κάθε φορά μια εισαγωγή σχετικά με το πρόβλημα και στη συνέχεια ζήτησε από τους μαθητές να εργαστούν, επισκεπτόμενός τους για τη συλλογή των ερευνητικών δεδομένων και υποστηριζόμενος από τον εκπαιδευτικό του τμήματος.

Τέλος, κατά την τελευταία διδακτική ώρα στην ενότητα της Εξερεύνησης, οι μαθητές δημιούργησαν ένα έργο που αφορούσε τον εαυτό τους. Ακολουθώντας τις οδηγίες φύλλου εργασιών (βλ. Παράρτημα 1.1.3) δημιούργησαν ένα διαδραστικό έργο, αποτελούμενο από αντικείμενα, κατά την ενεργοποίηση των οποίων παρουσιάζονταν στοιχεία των ενδιαφερόντων των μαθητών. Οι μαθητές δημιούργησαν, έτσι, ένα ψηφιακό κολλάζ και πειραματίστηκαν με τη λειτουργία περισσότερων πλακιδίων.

7.5.2.3 Κινούμενα Σχέδια

Η ενότητα των *Κινουμένων Σχεδίων* (Animations) στοχεύει στην εισαγωγή και την εξοικείωση των μαθητών με έννοιες της ΥΣ. Επιδιώκεται, ειδικότερα, οι μαθητές να εισαχθούν σε έννοιες όπως τους βρόχους, τα συμβάντα και τον παραλληλισμό και να εξοικειωθούν με την έννοια της ακολουθίας, στην οποία έγινε εισαγωγή στην προηγούμενη ενότητα. Επιπλέον, μέσα από τις δραστηριότητες της ενότητας, οι μαθητές πειραματίζονται με νέα πλακίδια, τα οποία ανήκουν στις κατηγορίες των συμβάντων, του ελέγχου, του ήχου και των όψεων, αλλά και δημιουργούν ένα δικό τους έργο, το οποίο είναι ένα μουσικό βίντεο. Οι δραστηριότητες της ενότητας ολοκληρώθηκαν σε περίπου 6 ώρες.

Η πρώτη δραστηριότητα της ενότητας έλαβε χώρα χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών, καθώς δύο εθελοντές μαθητές εκτέλεσαν μια σειρά από εντολές, φυσικές εκδοχές των πλακιδίων του Scratch. Ο πρώτος μαθητής έλαβε από τον ερευνητή την εντολή να κάνει 10 βήματα προς την κατεύθυνση στην οποία ήταν στραμμένος και αφού την εκτέλεσε, του ζητήθηκε να κάνει «επαναφορά». Από τον ίδιο εθελοντή ζητήθηκε να κάνει δύο πράγματα ταυτόχρονα, να κάνει 10 βήματα όπως την πρώτη φορά, αλλά ταυτόχρονα να μιλάει. Ο δεύτερος μαθητής, όταν έλαβε την εντολή από έναν συμμαθητή του, άρχισε να μιλάει και σταμάτησε να το κάνει όταν του δόθηκε η αντίστοιχη εντολή. Επίσης, του ζητήθηκε να απαντήσει στον πρώτο μαθητή, αντί να μιλήσει με την εντολή του συμμαθητή του. Στόχος της δραστηριότητας ήταν η επαφή των μαθητών με τη σημασία των συμβάντων για την

ενεργοποίηση ενός σεναρίου, όπως και με την έννοια της αρχικοποίησης, μέσω της επαναφοράς του μαθητή στην αρχική του θέση.

Η δεύτερη δραστηριότητα της ενότητας είχε ως στόχο τη δημιουργία ενός σεναρίου που συνδυάζει διαδραστικά αντικείμενα με ήχους (βλ. Παράρτημα 1.2.1). Μέσα από τη δημιουργία του, οι μαθητές επιδιώχθηκε να εξοικειωθούν με την έννοια της ακολουθίας, των βρόχων, των συμβάντων και του παραλληλισμού. Οι μαθητές ακολούθησαν τις οδηγίες του φύλλου εργασιών και δημιούργησαν διαδραστικά μουσικά όργανα, αντιστοιχίζοντας αντικείμενα με ήχους.

Στην επόμενη δραστηριότητα (βλ. Παράρτημα 1.2.2) οι μαθητές εισήχθησαν στην έννοια των κινουμένων σχεδίων ως μιας επανάληψης και μιας αλληλουχίας διαφορετικών εικόνων, με μικρές διαφορές μεταξύ των διαδοχικών εικόνων, όπως συμβαίνει σε ένα φυλλοσκόπιο. Οι μαθητές πειραματίστηκαν με τις έννοιες της ακολουθίας και των βρόχων, αλλάζοντας ενδυμασίες και σκηνικά για να δημιουργήσουν κινούμενα σχέδια και εξερεύνησαν τη διαφορά ανάμεσα στα αντικείμενα και τις ενδυμασίες τους. Η δραστηριότητα έδωσε, επίσης, την ευκαιρία στους μαθητές να εξασκηθούν στην υπολογιστική πρακτική του πειραματισμού και της επανάληψης.

Στη συνέχεια, οι μαθητές εξασκήθηκαν στην εκσφαλμάτωση προγραμμάτων του Scratch που περιείχαν σφάλματα. Τους ανατέθηκαν προς εκσφαλμάτωση δύο προγράμματα, στο πρώτο από τα οποία η γάτα του Scratch έπρεπε να χορεύει ταυτόχρονα με τον ήχο ενός μουσικού οργάνου. Ωστόσο, η γάτα σταματούσε να χορεύει μετά από λίγο, ενώ το μουσικό όργανο συνέχιζε να ακούγεται. Στη δεύτερη δραστηριότητα, το πρόγραμμα επρόκειτο να ξεκινά με ένα τραγούδι γενεθλίων (Happy Birthday) και όταν το τραγούδι τελείωνε να προβάλλονται οδηγίες για το σβήσιμο των κεριών. Ωστόσο, οι οδηγίες εμφανίζονταν κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής του τραγουδιού. Τέλος, οι μαθητές δημιούργησαν ένα μουσικό βίντεο, στο οποίο συνδυάστηκε μουσική με κινούμενα σχέδια, ακολουθώντας τις οδηγίες ενός φύλλου εργασιών (βλ. Παράρτημα 1.2.3). Στο έργο αυτό ενεργοποίησαν τη φαντασία τους και εξοικειώθηκαν ακόμη περισσότερο με τα αντικείμενα, τις ενδυμασίες και τους ήχους.

7.5.2.4 Ιστορίες

Η ενότητα των Ιστοριών (Stories) επιδιώκει τη μεγαλύτερη εξοικείωση των μαθητών με τις υπολογιστικές έννοιες των συμβάντων και του παραλληλισμού, αλλά και με τις

υπολογιστικές πρακτικές της προσαύξησης και επανάληψης, της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Οι δραστηριότητες της ενότητας είναι σχεδιασμένες με τέτοιο τρόπο, ώστε να βοηθήσουν τους μαθητές να γνωρίσουν τη λειτουργία περισσότερων πλακιδίων και την αλληλεπίδραση αντικειμένων και σκηνικών, μέσα από τη δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων ιστοριών, που διήρκεσαν περίπου 7 ώρες.

Η πρώτη δραστηριότητα της ενότητας με τίτλο *Συζητήσεις* (βλ. Παράρτημα 1.3.1) ενέπλεξε τους μαθητές στην εξερεύνηση δύο διαφορετικών στρατηγικών για τον συγχρονισμό αλληλεπιδράσεων ανάμεσα σε αντικείμενα, μέσω ρύθμισης χρόνου και μέσω μετάδοσης μηνυμάτων. Επιπλέον, κατά τη διασκευή του αστείου έργου της δραστηριότητας, οι μαθητές εξοικειώθηκαν περαιτέρω με έννοιες (συμβάντα, παραλληλισμός) και πρακτικές (επαναχρησιμοποίηση και διασκευή) της ΥΣ.

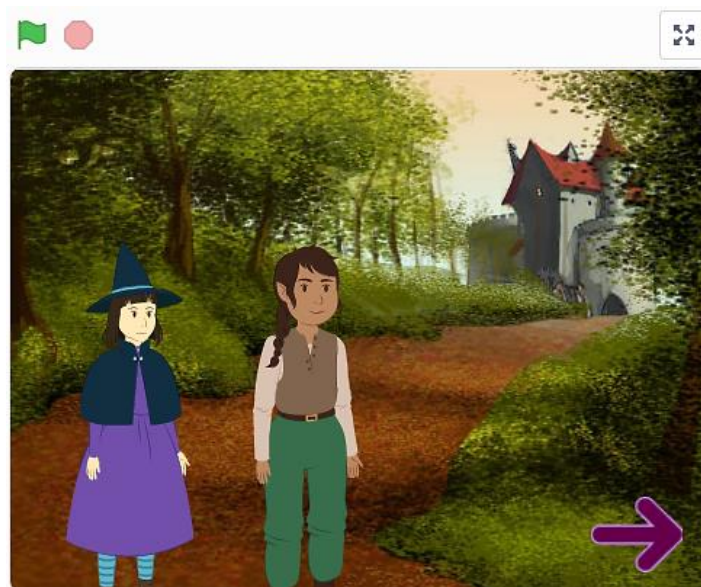
Στην επόμενη δραστηριότητα (*Σκηνές*: βλ. Παράρτημα 1.3.2), οι μαθητές σχεδίασαν και υλοποίησαν ένα έργο στο οποίο περιλαμβάνονταν πολλαπλές αλλαγές σκηνικών, με χρήση διαφορετικών υπόβαθρων, όπως σε μια παρουσίαση διαφανειών. Με τον τρόπο αυτό εξοικειώθηκαν ακόμη περισσότερο με τις υπολογιστικές έννοιες των συμβάντων και του παραλληλισμού, αλλά και με την υπολογιστική πρακτική της προσαύξησης και επανάληψης. Στη συνέχεια, ο ερευνητής ξεκίνησε συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης σχετικά με τις ομοιότητες και τις διαφορές ανάμεσα στη σκηνή και τα αντικείμενα, αλλά και τους διαφορετικούς τρόπους για την εκκίνηση του σεναρίου ενός αντικειμένου σε μια σκηνή. Επιπλέον, αντικείμενο συζήτησης αποτέλεσαν τα είδη των έργων, πέρα από τα κινούμενα σχέδια, που χρησιμοποιούν αλλαγές σκηνικών.

Στη συνέχεια, οι συμμετέχοντες αντιμετώπισαν δύο δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης. Ειδικότερα, στο πρώτο σενάριο προς εκσφαλμάτωση η γάτα του Scratch δίδασκε ένα άλλο αντικείμενο να νιαουρίζει, αλλά το δεύτερο δεν παρήγε κανέναν ήχο, παρά την προσπάθεια της γάτας. Στο δεύτερο πρόγραμμα, η γάτα δίδασκε και πάλι το ίδιο αντικείμενο να κάνει ένα άλμα, αλλά πάλι εκείνο δεν έκανε καμία ενέργεια.

Ακολούθησε μια σύντομη δραστηριότητα, με σκοπό την εισαγωγή των μαθητών στην υπολογιστική πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής, μέσα από τη δημιουργία μιας κοινής ζωγραφιάς. Ειδικότερα, η τάξη χωρίστηκε σε τέσσερις ομάδες, καθεμία από τις οποίες ζωγράφισε το κεφάλι ενός χαρακτήρα στον πίνακα της τάξης. Στη συνέχεια, κάθε ομάδα ζωγράφισε το υπόλοιπο σώμα του κεφαλιού του χαρακτήρα μιας άλλης ομάδας και προέκυψαν τέσσερις συλλογικά φτιαγμένοι χαρακτήρες. Το αντικείμενο της συζήτησης μετά τον

σχεδιασμό ήταν τα χαρακτηριστικά και η αξία της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.

Στην ίδια πρακτική εστίασε και η τελευταία δραστηριότητα της ενότητας, στην οποία οι μαθητές κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν ως βάση ένα υπάρχον έργο και στη συνέχεια να το εμπλουτίσουν. Ειδικότερα, τους δόθηκε ένα έργο στο οποίο υπήρχαν δύο αντικείμενα, ένας αντρικός και ένας γυναικείος χαρακτήρας, όπως και ένα υπόβαθρο κάστρου. Η ιστορία διέθετε τρία «επεισόδια», σε καθένα από τα οποία υπήρχε ένα βέλος, με το πάτημα του οποίου η ιστορία συνεχιζόταν (βλ. Εικόνα 27). Τα αντικείμενα της ιστορίας μπήκαν στο κάστρο και βρήκαν ένα μπαούλο, το οποίο άνοιξαν. Από το σημείο εκείνο, η πλοκή της ιστορίας συνεχίστηκε από τους μαθητές και εμπλουτίστηκε με δικά τους σενάρια.



Εικόνα 27. Δραστηριότητα διασκευής στην ενότητα των *Ιστοριών*

7.5.2.5 Παιχνίδια

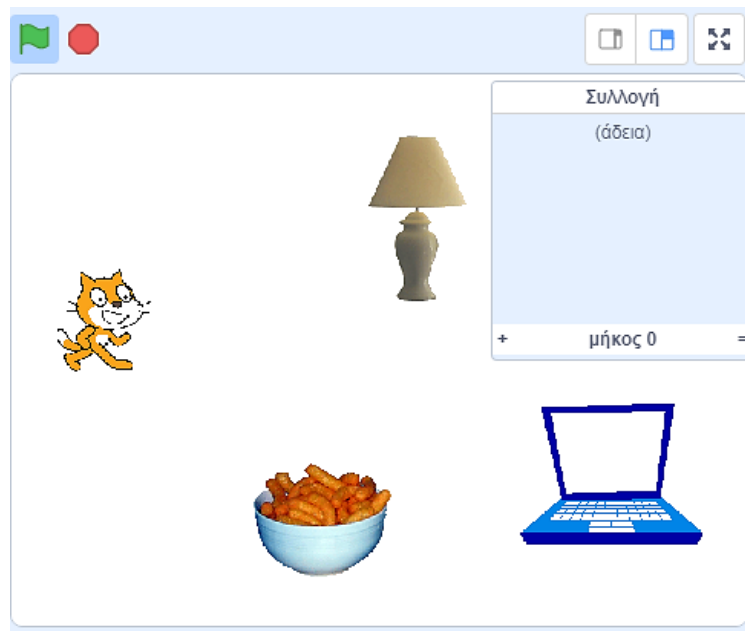
Η ενότητα που ακολούθησε εστίασε στα ψηφιακά παιχνίδια. Οι μαθητές προγραμματίσαν ψηφιακά παιχνίδια, κατανοώντας τους συνήθεις μηχανισμούς που διέπουν τη λειτουργία τους. Μέσα από τις δραστηριότητες της ενότητας επιδιώκεται οι μαθητές να εισαχθούν στις υπολογιστικές έννοιες των συνθηκών, των τελεστών και των δεδομένων (μεταβλητές και λίστες), αλλά και να εξοικειωθούν με τις υπολογιστικές πρακτικές της προσάυξης και επανάληψης, της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, της επαναχρησιμοποίησης

και διασκευής και της νοητικής αφαίρεσης και τμηματοποίησης. Για την ολοκλήρωσή τους απαιτήθηκαν περίπου 7 διδακτικές ώρες.

Η αρχική δραστηριότητα, που πραγματοποιήθηκε στην ολομέλεια της τάξης, περιελάμβανε συζήτηση σχετικά με τα παιχνίδια που αρέσουν στα παιδιά, τα χαρακτηριστικά των παιχνιδιών αυτών και τα κοινά χαρακτηριστικά όλων των παιχνιδιών, ψηφιακών και μη. Αμέσως μετά, τα ζεύγη των μαθητών κατασκεύασαν δύο απλά ψηφιακά παιχνίδια: Στο πρώτο, τον *Λαβύρινθο* (βλ. Παράρτημα 1.4.1) ένα αντικείμενο έπρεπε να κινείται ανάμεσα σε εμπόδια, με στόχο να φτάσει στον τερματισμό, στο κάτω δεξιό άκρο της σκηνής. Στο δεύτερο, μια μπάλα κινούνταν τυχαία και ο χρήστης έπρεπε να τη χτυπάει με μια ρακέτα που χειρίζεται ο ίδιος, ώστε να μην προσπεράσει τη ρακέτα (βλ. Παράρτημα 1.4.2). Στόχος της δημιουργίας των δύο παιχνιδιών ήταν η βελτίωση της ευχέρειας των μαθητών με έννοιες (συνθήκες, τελεστές, δεδομένα) και πρακτικές (προσαύξηση και επανάληψη, δοκιμή και εκσφαλμάτωση, επαναχρησιμοποίηση και διασκευή, νοητική αφαίρεση και τμηματοποίηση) της ΥΣ.

Στη διδακτική ώρα που ακολούθησε, οι μαθητές διασκεύασαν ένα ψηφιακό παιχνίδι, στο οποίο ένα μεγάλο ψάρι, καθοδηγούμενο από τον χρήστη μέσω του ποντικιού, έτρωγε άλλα, μικρότερα ψάρια, σε ένα υπόβαθρο βυθού (βλ. Παράρτημα 1.4.3). Οι μαθητές πρόσθεσαν μια μεταβλητή για την καταμέτρηση του πλήθους των ψαριών που έτρωγε το μεγάλο ψάρι, γνωρίζοντας έτσι τον όρο μεταβλητή και τα χαρακτηριστικά που διαθέτει. Έπειτα, περιέγραψαν γραπτά τον τρόπο με τον οποίο θα εξηγούσαν τις μεταβλητές σε έναν φίλο τους. Στόχος της δραστηριότητας, ακόμα, ήταν η εισαγωγή των μαθητών στην υπολογιστική έννοια των δεδομένων.

Οι μαθητές εκσφαλμάτωσαν, ακόμα, δύο προγράμματα, στο πρώτο από τα οποία η γάτα του Scratch έπρεπε να προσθέτει στη λίστα της όποιο από τα αντικείμενα της σκηνής ακουμπούσε. Ωστόσο, η γάτα πρόσθετε στη λίστα της μόνο ένα από τα αντικείμενα της σκηνής. Στη δεύτερη δραστηριότητα, η γάτα έπρεπε να κινείται ανάμεσα σε τοίχους ως τον τερματισμό ενός λαβύρινθου και να αποτυγχάνει στην επαφή μ' αυτούς, αλλά εκείνη μπορούσε να περνάει μέσα από τους τοίχους.



Εικόνα 28. Δραστηριότητα εκσφαλμάτωσης στην ενότητα των *Παιχνιδιών*

Τέλος, προκειμένου να αξιολογηθεί ο βαθμός ευχέρειας της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής, δόθηκε στους μαθητές το έργο που υλοποίησαν σε προηγούμενη συνεδρία και περιελάμβανε τη ρακέτα και την μπάλα και τους ζητήθηκε να εργαστούν για τον εμπλουτισμό της εμφάνισης και των λειτουργιών του.

7.6 Η διαδικασία ανάλυσης των δεδομένων

Τα ποσοτικά δεδομένα που συλλέχθηκαν μέσω των εργαλείων συλλογής που παρουσιάστηκαν στο Κεφάλαιο 7.4, όπως και τα ποιοτικά δεδομένα που μετασχηματίστηκαν σε ποσοτικά (μέσω της χρήσης των ρουμπρίκων) αξιοποιήθηκαν για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων. Πραγματοποιήθηκε ορισμός των μεταβλητών, εκχώρηση και κωδικοποίηση των δεδομένων στο στατιστικό πακέτο *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS®) στην έκδοση 23 και ακολούθησε η στατιστική τους ανάλυση. Σε κάθε περίπτωση ανάλυσης δεδομένων που αφορούσαν τους συμμετέχοντες της παρούσας έρευνας, η δυάδα μαθητών αποτέλεσε τη μονάδα ανάλυσης.

Προκειμένου να διερευνηθεί η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στην αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων (βλ. Κεφάλαιο 8), αλλά και στο επίπεδο επάρκειάς τους ως προς την υπολογιστική πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής (βλ. Κεφάλαιο 10), πραγματοποιήθηκε στατιστικός

έλεγχος t δύο ομάδων κατά ζεύγη (paired-samples t -test, συχνά ονομάζεται και t -test εξαρτημένων δειγμάτων ή συσχετισμένος έλεγχος t -test). Ο στατιστικός έλεγχος θεωρήθηκε κατάλληλος, δεδομένου ότι διερευνήθηκε η διαφορά της μέσης τιμής της μεταβλητής της αυτοαντίληψης και της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής μεταξύ δύο χρονικών σημείων, που σχετίζονται με την υλοποίηση της διδακτικής παρέμβασης. Γενικά, ο έλεγχος t δύο ομάδων κατά ζεύγη χρησιμοποιείται για να διερευνηθεί αν η διαφορά ανάμεσα στη μέση τιμή παρατηρούμενων ζευγών παρατηρήσεων διαφέρει σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από το 0 και συχνότερα περιλαμβάνει τους ίδιους συμμετέχοντες, των οποίων οι μέσες τιμές σε κάποια μεταβλητή μετρούνται πριν και μετά την έκθεση σε μια συνθήκη (Cohen, 1977· Howell, 2010· Robson, 2007).

Στις περιπτώσεις των δύο ερευνητικών ερωτημάτων στα οποία εφαρμόστηκε ο στατιστικός έλεγχος t δύο ομάδων κατά ζεύγη υπολογίστηκε και ο συντελεστής d του Cohen (Cohen's d) ως δείκτης μέτρησης του μεγέθους επίδρασης (effect size) της ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη και ως μια πρακτική ερμηνεία της σημασίας της διαφοράς της μέσης τιμής (Cohen, 1977). Στις περιπτώσεις που η τιμή του συντελεστή είναι μεγαλύτερη του 0.8, το μέγεθος της επίδρασης είναι μεγάλο, ενώ όταν βρίσκεται ανάμεσα στο 0.5 και το 0.8 το μέγεθος της επίδρασης είναι μεσαίο. Μικρό μέγεθος επίδρασης θεωρείται ότι υπάρχει σε τιμές του συντελεστή μικρότερες του 0.5.

Για τη διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών (βλ. Κεφάλαιο 9) κατά την ολοκλήρωση 4 διδακτικών ενοτήτων (Εξερεύνηση, Κινούμενα Σχέδια, Ιστορίες, Παιχνίδια), διενεργήθηκε *μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων* (one-way repeated measures analysis of variance-ANOVA). Ο στατιστικός αυτός έλεγχος αποτελεί μια επέκταση του στατιστικού ελέγχου υποθέσεων t δύο ομάδων κατά ζεύγη και χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση της ύπαρξης στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στη μέση τιμή τριών ή περισσότερων επιπέδων ενός παράγοντα εξαρτημένων δειγμάτων (within subjects). Παραδείγματα αξιοποίησης του ελέγχου αποτελεί η εξέταση των τιμών μιας εξαρτημένης μεταβλητής των ίδιων συμμετεχόντων σε 3 ή περισσότερα χρονικά σημεία ή σε 3 ή περισσότερες διαφορετικές συνθήκες/ επίπεδα της εξαρτημένης μεταβλητής (Robson, 2007· Weinfurt, 2000).

Επιπλέον, προσδιορίστηκε το μέγεθος της επίδρασης των τεσσάρων επιπέδων της ανεξάρτητης μεταβλητής (διδακτική παρέμβαση) στο επίπεδο επάρκειας των μαθητών στην

υπολογιστική πρακτική, με υπολογισμό των τιμών των συντελεστών η^2_p (partial eta squared) για την επίδραση στο δείγμα και ω^2_p (partial omega squared) για την επίδραση στον πληθυσμό. Σύμφωνα με τον Cohen (1977), οι τιμές του η^2_p ερμηνεύονται με τον τρόπο που φαίνεται στον Πίνακα 10, ενώ ο συντελεστής ω^2_p ερμηνεύεται με τον ίδιο τρόπο και επιπλέον θεωρείται περισσότερο αμερόληπτος.

Πίνακας 10. Ερμηνεία των τιμών του μερικού συντελεστή η^2

Τιμή η^2_p (partial eta squared)	Μέγεθος επίδρασης
0.01	Μικρό
0.06	Μεσαίο
> 0.14	Μεγάλο

Μετά τη διενέργεια του στατιστικού ελέγχου της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, πραγματοποιήθηκαν ανά ζεύγη συγκρίσεις των μέσων όρων της εξαρτημένης μεταβλητής για κάθε συνθήκη ελέγχου (post hoc tests) με τη μέθοδο *Bonferroni* και κατασκευάστηκε *γράφημα γραμμής* (line graph) για τη γραφική απεικόνιση της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων.

Η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στην εφαρμογή συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης από τους μαθητές (Βλ. Κεφάλαιο 9) διερευνήθηκε με τη διενέργεια του στατιστικού ελέγχου Q του Cochran (Cochran's Q). Ειδικότερα, διερευνήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συχνότητα εφαρμογής καθεμίας από τις 3 κατηγορίες στρατηγικών εκσφαλμάτωσης που αναδύθηκαν από τα δεδομένα κατά τις 4 διδακτικές ενότητες. Ο στατιστικός αυτός έλεγχος χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση διαφορών στις τιμές μιας διχοτομικής εξαρτημένης μεταβλητής (dichotomous dependent variable) ανάμεσα σε 3 ή περισσότερες συσχετιζόμενες ομάδες. Θεωρείται παρόμοιος έλεγχος με τη μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, αλλά χρησιμοποιείται με διχοτομικές μεταβλητές, ενώ θεωρείται και ως μια προέκταση του τεστ του McNemar, που επιπρόσθετα μπορεί να συγκρίνει περισσότερες των 2 συσχετιζόμενες ομάδες (Cochran, 1950). Τέλος, μετά τον προσδιορισμό της σημαντικότητας της τιμής του συντελεστή Q του Cochran, πραγματοποιήθηκαν ανά ζεύγη συγκρίσεις των συχνοτήτων των στρατηγικών για κάθε

διδασκτική ενότητα (post hoc tests) με χρήση *πολλαπλών τεστ του McNemar* (multiple McNemar's tests with Bonferroni correction).

Τέλος, προκειμένου να διερευνηθεί η διαφοροποίηση των νέων, εμπλουτισμένων έργων των μαθητών συγκριτικά με τα έργα που τους δόθηκαν ως προς τις συνιστώσες της ΥΣ που αξιολογούνται από το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch (Βλ. Κεφάλαιο 10), έλαβε χώρα έλεγχος t ενός δείγματος (one sample t -test). Ο έλεγχος t ενός δείγματος αξιοποιείται σε περιπτώσεις που διερευνάται αν ένα δείγμα προέρχεται από κάποιον πληθυσμό με γνωστό μέσο όρο ή για τον έλεγχο του βαθμού στον οποίο ο μέσος όρος ενός δείγματος είναι ίσος με τον γνωστό μέσο όρο του γενικού πληθυσμού (Robson, 2007). Για την απεικόνιση της μέσης τιμής των συνιστωσών της ΥΣ στο αρχικό και το νέο, εμπλουτισμένο έργο κατασκευάστηκαν *διαγράμματα ραντάρ* (αράχνης), όπως επίσης και ραβδογράμματα συχνοτήτων για την απεικόνιση των επικρατέστερων αλλαγών που πραγματοποίησαν οι μαθητές στα έργα που τους δόθηκαν προς διασκευή.

8. ΕΡΕΥΝΑ 1^Η: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΗΝ ΑΥΤΟΑΝΤΙΛΗΨΗ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

8.1 Ο σκοπός της έρευνας-Ερευνητικά ερωτήματα και υποθέσεις

Η ΥΣ αναγνωρίζεται ευρέως ως ένα σύνολο μεθόδων επίλυσης προβλημάτων που περιλαμβάνει την έκφραση προβλημάτων και λύσεων τους με τρόπους που επιτρέπουν την αναπαράστασή τους με τη μεσολάβηση υπολογιστών σε διάφορα επιστημονικά πεδία (CSTA and ISTE, 2011· Grover & Pea, 2018· Wing, 2011). Στο τρισδιάστατο, υβριδικό πλαίσιο της ΥΣ των Adams κ.ά. (2019) η επίλυση προβλημάτων και η αποσύνθεση του προβλήματος συμπεριλαμβάνονται στις πρακτικές της ΥΣ, ενώ η αυτοπεποίθηση των μαθητών για την αντιμετώπιση πολύπλοκων προβλημάτων, η επιμονή τους στην υπερπήδηση εμποδίων που προκύπτουν και η ικανότητα εξεύρεσης λύσεων σε ανοικτού τύπου προβλήματα σε συνεργασία με άλλους συμπεριλαμβάνονται στις στάσεις της ΥΣ (Barr & Stephenson, 2011· Weintrop κ.ά., 2016).

Η ΥΣ, λοιπόν, αναγνωρίζεται ευρέως ως μια διαδικασία επίλυσης προβλημάτων και κάποιες φορές ταυτίζεται μαζί της (Kalelioğlu κ.ά., 2016). Σύμφωνα με τον Beecher (2017), η επίλυση προβλημάτων φαίνεται να είναι ένα από τα σημαντικότερα οφέλη της συμμετοχής μαθητών με δραστηριότητες προγραμματισμού στο πλαίσιο της ανάπτυξης της ΥΣ, ενώ στο ίδιο συμπέρασμα κατέληξαν και εμπειρικές έρευνες που παρουσιάστηκαν σε προηγούμενα κεφάλαια (Falloon, 2016· Fessakis κ.ά., 2013· Lye & Koh, 2014· Pardamean κ.ά., 2015). Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η επιστημονική έρευνα έχει ασχοληθεί εκτεταμένα με τις δεξιότητες των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων, μικρή έμφαση έχει δοθεί στις αντιλήψεις των μαθητών για τις δεξιότητές τους αυτές (Kalelioğlu & Gülbahar, 2014).

Βασικός στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο τις έννοιες, τις πρακτικές και τις στάσεις της ΥΣ στην αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Το ερευνητικό ερώτημα, επομένως, που τέθηκε ήταν το εξής:

- 1) Σε ποιο βαθμό επιδρά η διδακτική παρέμβαση στην αυτοαντίληψη των μαθητών αναφορικά με τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων;

Με βάση το παραπάνω ερώτημα και μετά από την επισκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας διατυπώθηκε η αντίστοιχη μηδενική υπόθεση:

- 1) Η διδακτική παρέμβαση δεν επιδρά στην αυτοαντίληψη των μαθητών αναφορικά με τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων.

Για τη διερεύνηση του παραπάνω ερευνητικού ερωτήματος και την επιβεβαίωση ή διάψευση της αντίστοιχης υπόθεσης υλοποιήθηκε ένας προ-πειραματικός ερευνητικός σχεδιασμός, υπό τη μορφή του σχεδιασμού προελέγχου–μετελέγχου μιας ομάδας, καθώς η ίδια ομάδα συμμετεχόντων-μαθητών αξιολογήθηκε ως προς μια σειρά μεταβλητών σε δύο χρονικά σημεία: πριν τη διδακτική παρέμβαση (pre-test) και μετά τη διδακτική παρέμβαση (post-test). Οι προ-πειραματικοί ερευνητικοί σχεδιασμοί συχνά λαμβάνουν χώρα πριν από τη διενέργεια ενός κλασικού πειράματος, προκειμένου οι ερευνητές να διερευνήσουν αν μια παρέμβαση έχει επίδραση σε μια μικρή ομάδα συμμετεχόντων, προτού διενεργήσουν το κλασικό πείραμα. Παρόλα αυτά, αν διαπιστωθεί στατιστικά σημαντική μεταβολή, συχνά είναι δύσκολο να απορριφθούν εναλλακτικές ερμηνείες, πέρα από την επίδραση του υπό εξέταση παράγοντα. Οι αντιλήψεις των μαθητών ΣΤ' τάξης για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων αποτέλεσαν την εξαρτημένη μεταβλητή της έρευνας και μετρήθηκε τόσο πριν (pre-test) όσο και μετά (post-test) τη διδακτική παρέμβαση (ανεξάρτητη μεταβλητή).

8.2 Το ερευνητικό δείγμα

Η διερεύνηση της ενδεχόμενης μεταβολής της αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων, όπως περιγράφεται στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε με την ανάλυση 88 έγκυρων αρχικών και ισάριθμων τελικών ερωτηματολογίων. Μόνο οι μαθητές που συμπλήρωσαν το αρχικό ερωτηματολόγιο συμπλήρωσαν και το τελικό, δεδομένου ότι ο ίσος αριθμός των ερωτηματολογίων κατά τα δύο χρονικά σημεία του ελέγχου αποτελεί προϋπόθεση για τη διενέργεια του στατιστικού ελέγχου που πραγματοποιήθηκε. Από τα 176 έγκυρα ερωτηματολόγια, συλλέχθηκαν 74 (42%) από μαθητές και 102 (58%) από μαθήτριες.

8.3 Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων

Για τη συλλογή των δεδομένων του παρόντος τμήματος της έρευνας αξιοποιήθηκε η κλίμακα *Problem-Solving Inventory for Children* (PSIC) (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2) των Serin κ.ά. (2010), η οποία προτείνεται να αξιοποιείται για τη μέτρηση της αυτοαντίληψης μαθητών Δημοτικού σχολείου για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων, που ενδέχεται να

διαφοροποιείται από τις πραγματικές τους δεξιότητες. Η κλίμακα αποτελείται από 24 θετικά και αρνητικά διατυπωμένες προτάσεις και εκτείνεται σε ένα συνεχές από την τιμή 1 ως την τιμή 5. Οι συμμετέχοντες μαθητές κλήθηκαν να συμπληρώσουν την κλίμακα, εκφράζοντας τη συμφωνία ή τη διαφωνία τους σε σχέση με το περιεχόμενο των προτάσεων, για τις οποίες η τιμή 1 αντιστοιχεί στο «ποτέ» και η τιμή 5 στο «πάντα». Υψηλότερη βαθμολογία στην κλίμακα εκφράζει θετικότερη αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Η κλίμακα θεωρείται έγκυρη και αξιόπιστη, όπως συμπέραναν οι δημιουργοί της μετά τον υπολογισμό του δείκτη αξιοπιστίας α του Cronbach ($\alpha = .80$). Στην παρούσα έρευνα η κλίμακα μετρήθηκε ως αρκετά αξιόπιστη τόσο για το pre-test ($\alpha = .86$), όσο και για το post-test ($\alpha = .87$), όπως φαίνεται στον Πίνακα 11.

Πίνακας 11. Τιμές του δείκτη αξιοπιστίας Alpha του Cronbach για την κλίμακα PSIC και τις υποκλίμακές της

Μεταβλητές	Προτάσεις	Σημείο ελέγχου	Τιμή δείκτη Alpha του Cronbach
Αυτοπεποίθηση	12	Pre-test	.82
	12	Post-test	.78
Αυτοέλεγχος	7	Pre-test	.71
	7	Post-test	.74
Αποφυγή	5	Pre-test	.70
	5	Post-test	.76
Αυτοαντίληψη	24	Pre-test	.86
	24	Post-test	.87

Οι προτάσεις της κλίμακας κατανέμονται σε 3 υποκλίμακες-μεταβλητές: Η *Αυτοπεποίθηση* (Self-Confidence) περιλαμβάνει 12 προτάσεις (1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23) και αφορά την αυτοαντιλαμβανόμενη εμπιστοσύνη των μαθητών στις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Παραδείγματα προτάσεων της αποτελούν οι προτάσεις «Συνήθως βρίσκω δημιουργικές και αποτελεσματικές λύσεις στα προβλήματά μου» και «Δοκιμάζω όλες τις πιθανές λύσεις χωρίς να εγκαταλείπω τα προβλήματα που αντιμετωπίζω». Η υποκλίμακα-μεταβλητή του *Αυτοελέγχου* (Self-Control) περιλαμβάνει 7 προτάσεις, οι οποίες επιδιώκουν να μετρήσουν το επίπεδο του ελέγχου των μαθητών στα συναισθήματα και τη συμπεριφορά τους, κάθε φορά που καλούνται να επιλύσουν ένα πρόβλημα (προτάσεις 2, 4, 6, 8, 10, 12, 14). Παραδείγματα προτάσεων της μεταβλητής αποτελούν οι «Όταν δεν μπορώ να λύσω τα

προβλήματά μου, με ενοχλούν τα πάντα» και «Όταν έχω προβλήματα να λύσω με τους φίλους μου, τσακώνομαι μαζί τους αντί να προσπαθώ να τα λύσω». Τέλος, η υποκλίμακα της *Αποφυγής* (Avoidance) αποτελείται από 5 προτάσεις, που επιδιώκουν να μετρήσουν τον βαθμό στον οποίο οι μαθητές τείνουν να αποφεύγουν τα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν. Στην κλίμακα ανήκουν οι προτάσεις 16, 18, 20, 22, 24 και παραδείγματά τους είναι οι «Βρίσκω πολλές δικαιολογίες για να αποφεύγω τη δουλειά και τις ευθύνες μου» και «Όταν έχω ένα πρόβλημα, αντί να ψάχνω για λύσεις, αφήνω τα πάντα στην τύχη τους».

8.4 Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων

Κατά τη διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης, ο στόχος του ερευνητή ήταν η προετοιμασία των μαθητών για την αξιοποίηση των εννοιών, των πρακτικών και των στάσεων της ΥΣ σε όλες τις εκφάνσεις της ζωής τους, μέσα από τη δημιουργία, τη διασκευή και την εκσφαλμάτωση ψηφιακών τεχνουργημάτων. Η πρώτη από τις περίπου 28 ωριαίες διδασκαλίες, πέρα από τη σύντομη γνωριμία με τους μαθητές και την εισαγωγή τους στο αντικείμενο των μαθημάτων περιελάμβανε και τη συμπλήρωση απ' αυτούς του αρχικού ερωτηματολογίου PSIC για τη μέτρηση της αυτοαντίληψής τους για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου έγινε σε 3 από τα 5 τμήματα που έλαβαν μέρος στην έρευνα με συμπλήρωση έντυπων ερωτηματολογίων και για τα υπόλοιπα μέσω ηλεκτρονικής φόρμας (Google Forms). Με την ίδια ακριβώς διαδικασία συμπληρώθηκε και το τελικό ερωτηματολόγιο PSIC κατά τη διάρκεια της τελευταίας συνάντησης με τους μαθητές, αφού είχε ολοκληρωθεί η σειρά των διδασκαλιών προκειμένου να καταγραφεί η αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων.

Σε όλες τις περιπτώσεις, η διαδικασία απαιτήσε περίπου 15 λεπτά. Πριν την έναρξη της διαδικασίας τονίστηκε προς τους μαθητές η δέσμευση ότι τα δεδομένα θα παραμείνουν ανώνυμα και τους υπενθυμίστηκε η ανάγκη να μη σημειώσουν το όνομά τους (στα τμήματα που συμπλήρωσαν το έντυπο ερωτηματολόγιο). Τέλος, πραγματοποιήθηκε επεξήγηση του περιεχομένου καθεμιάς από τις προτάσεις του ερωτηματολογίου, προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι απαντήσεις των μαθητών ανταποκρίνονται στην πραγματική τους αυτοαντίληψη.

8.5 Η διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων

Δεδομένου ότι τα δύο δείγματα μετρήσεων προέρχονταν από ένα δείγμα συμμετεχόντων ($n = 88$) μετρημένο σε δύο διαφορετικές συνθήκες ($2n = 176$ μετρήσεις ή 88 ζεύγη μετρήσεων) και προκειμένου να διερευνηθεί αν η διαφορά της μέσης τιμής της αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση των προβλημάτων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση διαφέρει σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από το 0, διενεργήθηκε στατιστικός έλεγχος υποθέσεων t δύο ομάδων κατά ζεύγη. Η διερεύνηση της διαφοράς της μέσης τιμής αφορούσε τη συνολική βαθμολογία των μαθητών στην κλίμακα των αντιλήψεων, αλλά και για τη βαθμολογία τους σε κάθε υποκλίμακα των αντιλήψεων.

Απαραίτητη προϋπόθεση για την πραγματοποίηση του ελέγχου t δύο ομάδων κατά ζεύγη ήταν ο έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των διαφορών των ταιριασμένων τιμών της μεταβλητής των αντιλήψεων των μαθητών συνολικά, αλλά και καθεμίας επιμέρους μεταβλητής. Για τον λόγο αυτό πρώτα υπολογίστηκαν οι τιμές της διαφοράς των ζευγών τιμών και έπειτα αποθηκεύτηκαν σε νέες μεταβλητές. Ο έλεγχος της κανονικότητας των κατανομών των μεταβλητών έγινε γραφικά, με την εξέταση του αντίστοιχου γραφήματος (Q-Q Plot), αλλά και με τον υπολογισμό των τυπικών τιμών για τη συμμετρία (skewness) και την κύρτωση (kurtosis) βάσει των τύπων $Z_{\text{skew}} = \text{skew} / SE_{\text{skew}}$ και $Z_{\text{kurtosis}} = \text{kurtosis} / SE_{\text{kurtosis}}$ αντίστοιχα. Οι τυπικές τιμές βρέθηκαν να είναι μικρότερες της απόλυτης τιμής 1.96, όπως είναι ανάγκη για ένα δείγμα μικρότερο των 100 συμμετεχόντων (Kim, 2013). Τα περιγραφικά δεδομένα για τη διαφορά της μέσης τιμής που αφορά τη μεταβλητή της συνολικής αυτοαντίληψης των μαθητών παρουσιάζονται στον Πίνακα 12. Τέλος, υπολογίστηκε ο συντελεστής d του Cohen ως δείκτης μέτρησης του μεγέθους επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στη διαμόρφωση της αυτοαντίληψης των μαθητών.

Πίνακας 12. Περιγραφικά δεδομένα για τη διαφορά της μέσης τιμής της μεταβλητή της συνολικής αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων (post-test–pre-test)

Descriptive Statistics								
	N	Mean	Std. Deviation	Skewness	Kurtosis			
	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Statistic	Std. Error	Statistic	Std. Error
Αυτοαντίληψη	88	.035	.011	.102	-.114	.257	-.360	.508
Valid N (listwise)	88							

8.6 Αποτελέσματα

Ο στατιστικός έλεγχος υποθέσεων t δύο ομάδων κατά ζεύγη που διενεργήθηκε για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς ανάμεσα στη μέση τιμή της αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων πριν και μετά τη διδακτική παρέμβαση έδειξε ότι η αυτοαντίληψη των μαθητών της ΣΤ' τάξης ($N= 88$) αποτυπώνεται ως υψηλότερη μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M= 2.92$, $SD= 0.35$) σε σύγκριση με τη χρονική στιγμή πριν τη διδακτική παρέμβαση ($M= 2.89$, $SD= 0.40$). Οι αντίστοιχες μέσες τιμές παρουσιάζονται στον Πίνακα 13. Αξίζει να σημειωθεί ότι τόσο για τη συνολική αυτοαντίληψη των μαθητών, όσο και για τις επιμέρους μεταβλητές της, η μέση τιμή βρέθηκε περίπου στο μέσο της πεντάβαθμης κλίμακας αξιολόγησης.

Πίνακας 13. Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τις μεταβλητές της αυτοαντίληψης και τη συνολική αυτοαντίληψη των μαθητών

Paired Samples Statistics		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Αυτοπεποίθηση_πριν	3.08	88	.49	.05
	Αυτοπεποίθηση_μετά	3.06	88	.41	.04
Pair 2	Αυτοέλεγχος_πριν	2.71	88	.49	.05
	Αυτοέλεγχος_μετά	2.76	88	.44	.05
Pair 3	Αποφυγή_πριν	2.66	88	.55	.06
	Αποφυγή_μετά	2.80	88	.44	.05
Pair 4	Αυτοαντίληψη_πριν	2.89	88	.40	.04
	Αυτοαντίληψη_μετά	2.92	88	.35	.04

Η μέση τιμή της αυτοαντίληψης πριν την έναρξη των διδασκαλιών σημείωσε αύξηση σε στατιστικά σημαντικό βαθμό κατά 0.03, 95% CI [0.01, 0.06], $t(87)= 3.24$, $p= .002$, $d= .35$, όπως φαίνεται στον Πίνακα 14. Ωστόσο, παρά το γεγονός ότι η μέση τιμή της αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων βρέθηκε να είναι υψηλότερη σε στατιστικά σημαντικό βαθμό μετά την ολοκλήρωση των διδασκαλιών, δε συνέβη το ίδιο και με τις επιμέρους μεταβλητές. Ειδικότερα, φάνηκε πως η αντίληψη των μαθητών για τα επίπεδα αυτοπεποίθησής τους για την επίλυση ενός προβλήματος δε μεταβλήθηκε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό στο χρονικό διάστημα από το pre-test ($M= 3.08$, $SD= 0.49$) μέχρι το post-test ($M= 3.06$, $SD= 0.41$), $t(87)= -1.20$, $p= .234$, $d= -.13$. Το εύρημα αυτό υποδεικνύει ότι η διδακτική παρέμβαση με αντικείμενο τις συνιστώσες της ΥΣ μπορεί να βελτιώσει τη

συνολική αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων, αλλά ίσως να μην επιδρά σε στατιστικά σημαντικό βαθμό στην αυτοπεποίθησή τους για την επίλυση προβλημάτων.

Πίνακας 14. Αποτελέσματα του t-test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς στη μέση τιμή των μεταβλητών της αυτοαντίληψης των μαθητών (post-test–pre-test)

Paired Samples Test

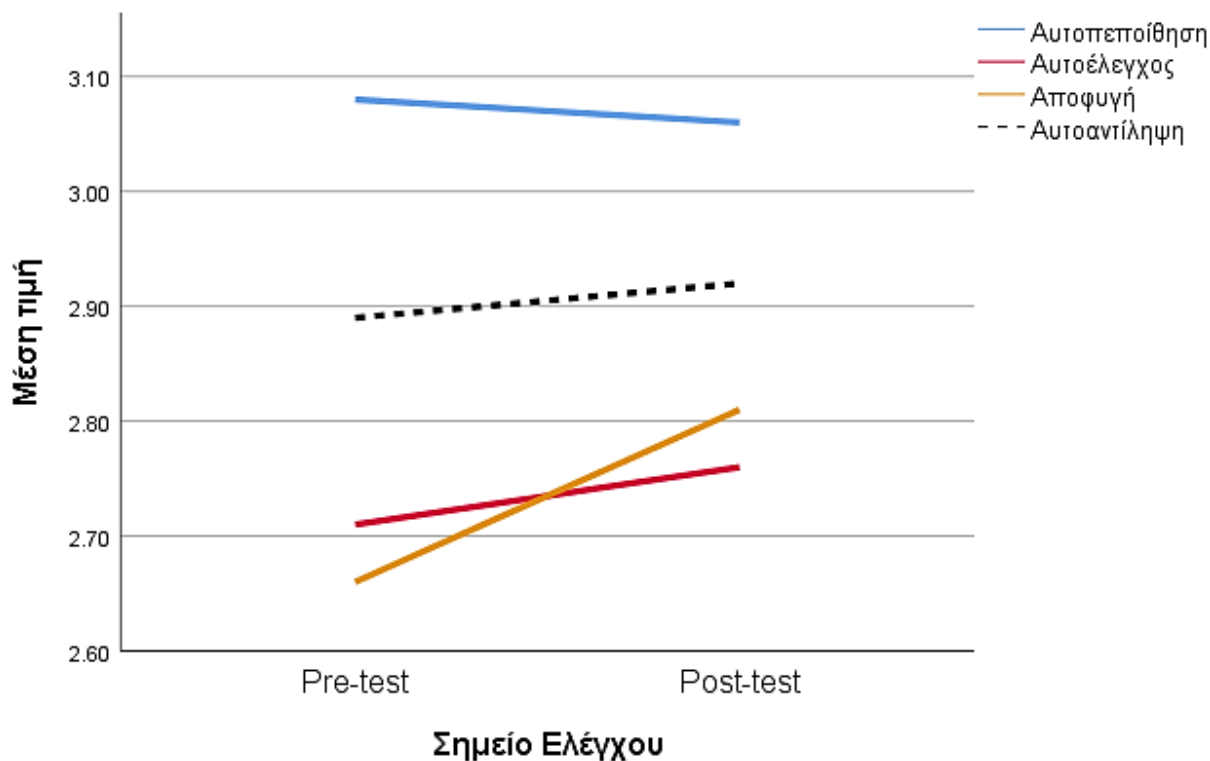
		Paired Differences			t
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
Pair 1	Αυτοπεποίθηση_μετά - Αυτοπεποίθηση_πριν	-.0189394	.1482805	.0158068	-1.198
Pair 2	Αυτοέλεγχος_μετά - Αυτοέλεγχος_πριν	.0487013	.1467233	.0156408	3.114*
Pair 3	Αποφυγή_μετά - Αποφυγή_πριν	.1454545	.2603751	.0277561	5.240**
Pair 4	Αυτοαντίληψη_μετά - Αυτοαντίληψη_πριν	.0350379	.1014515	.0108148	3.240*

* $p < 0.05$

** $p < 0.01$

Η επίδραση, αντίθετα, της διδακτικής παρέμβασης διαπιστώθηκε πως ήταν θετική σε στατιστικά σημαντικό βαθμό για τα επίπεδα αυτοελέγχου των μαθητών ΣΤ' τάξης στα συναισθήματα και τη συμπεριφορά τους όταν αντιμετωπίζουν προβλήματα. Οι συμμετέχοντες δήλωσαν πως έχουν μεγαλύτερο αυτοέλεγχο μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M = 2.76$, $SD = 0.44$) σε σχέση με το χρονικό σημείο πριν τη διδακτική παρέμβαση ($M = 2.71$, $SD = 0.49$), καθώς η μέση τιμή αυξήθηκε κατά 0.05, 95% CI [0.02, 0.08], $t(87) = 3.11$, $p = .003$, $d = 0.33$. Επιπλέον, ενώ η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης ήταν χαμηλής επίδρασης στις προηγούμενες μεταβλητές, μεσαίας επίδρασης υπήρξε η επίδρασή της στη μεταβλητή της αποφυγής των προβλημάτων. Η διαφορά της μέσης τιμής ανάμεσα στις «ταιριασμένες» τιμές του pre-test και του post-test έδειξε ότι οι μαθητές τείνουν να αποφεύγουν λιγότερο τα προβλήματά τους μετά τη διδακτική παρέμβαση ($M = 2.81$, $SD = 0.44$) σε σχέση με τις αναφορές τους πριν τη διδακτική παρέμβαση ($M = 2.66$, $SD = 0.55$). Η μέση τιμή της μεταβλητής αυξήθηκε κατά 0.15, 95% CI [0.09, 0.20], $t(87) = 5.24$, $p < .001$, $d = .56$. Οι

μεταβολές στις τιμές των μεταβλητών στις δύο χρονικές στιγμές ελέγχου συνοψίζονται στο Γράφημα 2.



Γράφημα 2. Γράφημα γραμμής για τη μεταβολή της μέσης τιμής των μεταβλητών της αυτοαντίληψης από την αρχική (pre-test) ως την τελική αξιολόγηση (post-test)

8.7 Συζήτηση

Η παρούσα έρευνα εστίασε στη διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στην αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Ειδικότερα, στόχος της έρευνας ήταν να διερευνήσει την επίδραση των διδασκαλιών στην αυτοαντιλαμβανόμενη απ' τους μαθητές αυτοπεποίθηση, τον αυτοέλεγχο και την αποφυγή ως προς τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν.

Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν έδειξε ότι η διδακτική παρέμβαση συνέβαλε στη βελτίωση της συνολικής αυτοαντίληψης των μαθητών, αν και δεν προκάλεσε στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στην αυτοπεποίθησή τους για την επίλυση προβλημάτων. Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι η διδακτική παρέμβαση που υλοποιήθηκε μπορεί να είναι ωφέλιμη για τα επίπεδα αυτοελέγχου της συμπεριφοράς και των συναισθημάτων των μαθητών και να τους ενθαρρύνει να μην αποφεύγουν τα προβλήματά τους.

Η βιβλιογραφική επισκόπηση έδειξε ότι η επιστημονική έρευνα έχει εστιάσει κυρίως στις πραγματικές δεξιότητες των μαθητών για την επίλυση προβλημάτων, χωρίς να έχει διερευνήσει εκτενώς τις αντιλήψεις που έχουν οι μαθητές για τις δεξιότητές τους. Στην παρούσα έρευνα παρατηρήθηκαν χαμηλότερες τιμές για τη συνολική αυτοαντίληψη των μαθητών συγκριτικά με τις τιμές που αναφέρθηκαν από τους Uçar κ.ά. (2017) για τους «χαρισματικούς» μαθητές της έρευνάς τους με χρήση του ίδιου εργαλείου μέτρησης, αλλά χωρίς έλεγχο πριν και μετά από κάποια διδακτική παρέμβαση. Οι υψηλότερες τιμές μετά τις διδασκαλίες έρχονται σε αντίθεση με τα ευρήματα των Kalelioğlu και Gülbahar (2014), σύμφωνα με τα οποία, οι αντιλήψεις των μαθητών του ιδιωτικού Δημοτικού σχολείου στο οποίο διεξήχθη η έρευνά δε μεταβλήθηκαν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό. Οι διαφορές των αποτελεσμάτων μπορούν να αποδοθούν στις διαφορετικές ηλικίες των συμμετεχόντων μαθητών (Ε' και ΣΤ'), αλλά και στη διαφορετική διάρκεια, δεδομένου ότι η έρευνα των Kalelioğlu και Gülbahar (2014) έλαβε χώρα στο χρονικό διάστημα των 5 εβδομάδων για μία ώρα στην καθεμία, όπως και στον διαφορετικό χώρο και τύπο σχολείων (Τουρκία και Ελλάδα και ιδιωτικό και δημόσιο, αντίστοιχα). Γενικότερα, τα αποτελέσματα φαίνεται να υποστηρίζουν περαιτέρω την ιδέα ότι η διδακτική παρέμβαση για την ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ επιδρά θετικά στην αυτοαντίληψή τους για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων.

Συμπερασματικά, η μεγαλύτερη συμβολή της παρούσας έρευνας έγκειται στο γεγονός ότι εστίασε στις αντιλήψεις των μαθητών για τις δεξιότητές τους μετά τη διδακτική παρέμβαση με αντικείμενο την ΥΣ, παρά στις πραγματικές τους δεξιότητες όπως έχει συχνότερα διερευνηθεί, συμβάλλοντας όμως στη γενικότερη ερευνητική προσπάθεια που αφορά την ανάπτυξη δεξιοτήτων της ΥΣ από μαθητές Δημοτικού σχολείου. Δεδομένου, μάλιστα, ότι η διδακτική παρέμβαση δεν αποτελεί μέρος των Προγραμμάτων Σπουδών, τα ευρήματά της μπορούν να αξιοποιηθούν από τους σχεδιαστές της εκπαιδευτικής πολιτικής, προκειμένου να ενισχυθεί η προσπάθεια για ένταξη της ΥΣ στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης. Ιδιαίτερη έμφαση, ακόμα, είναι ανάγκη να δοθεί στις δυνατότητες που φαίνεται ότι προσφέρουν προς την κατεύθυνση αυτή τα περιβάλλοντα οπτικού προγραμματισμού και ειδικότερα εκείνα που βασίζονται σε πλακίδια.

9. ΕΡΕΥΝΑ 2^Η: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΙ ΕΚΣΦΑΛΜΑΤΩΣΗΣ

9.1 Ο σκοπός της έρευνας-Ερευνητικά ερωτήματα

Σύμφωνα με το μοντέλο των Brennan και Resnick (2012) για την ΥΣ, η δοκιμή και εκσφαλμάτωση συνιστά μια από τις πρακτικές της ΥΣ και αφορά τη «φροντίδα ότι τα πράγματα λειτουργούν σωστά» και τον «εντοπισμό και την επίλυση των προβλημάτων όταν αυτά προκύπτουν» (Brennan κ.ά., 2014), ενώ στις πρακτικές της ΥΣ τη συμπεριλαμβάνει και το μεταγενέστερο μοντέλο των Adams κ.ά. (2019). Ωστόσο, ως πρακτική της ΥΣ, η δοκιμή και εκσφαλμάτωση έχει λάβει μικρό μόνο μερίδιο του ενδιαφέροντος των ερευνητών συγκριτικά με άλλες συνιστώσες της ΥΣ (Liu κ.ά., 2017· Lye & Koh, 2014). Το γεγονός αυτό οφείλεται, ενδεχομένως, στον σχεδιασμό των περιβαλλόντων οπτικού προγραμματισμού –τα οποία κυρίως αξιοποιούνται για τη διδασκαλία εννοιών του προγραμματισμού και της ΥΣ σε αρχάριους προγραμματιστές– που αποτρέπει τα συντακτικά λάθη (Resnick κ.ά., 2009). Σύγχρονοι ερευνητές διέκριναν τις συνηθέστερες τεχνικές εκσφαλμάτωσης αρχάριων προγραμματιστών και επεσήμαναν την αξία μιας συστηματικής διαδικασίας εκσφαλμάτωσης για την επίλυση των προβλημάτων, η οποία περιλαμβάνει αλληπάλληλους κύκλους δοκιμών και δημιουργίας υποθέσεων για τα σφάλματα του κώδικα (Michaeli & Romeike, 2019· Miljanovic & Bradbury, 2017).

Στην παρούσα έρευνα διερευνήθηκε η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο την ΥΣ και τις συνιστώσες της στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών και στην εφαρμογή στρατηγικών διαφορετικού βαθμού συστηματικότητας για την εκσφαλμάτωση κώδικα του Scratch. Ειδικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν προς διερεύνηση είναι τα εξής:

- 1) Σε ποιο βαθμό επιδρά η διδακτική παρέμβαση στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών;
- 2) Σε ποιο βαθμό επιδρά η διδακτική παρέμβαση στην εφαρμογή συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης από τους μαθητές;

Δεδομένου ότι η μοναδική ομάδα συμμετεχόντων ήταν οι μαθητές των τμημάτων της ΣΤ' τάξης των σχολείων που συναίνεσαν να λάβουν μέρος στην έρευνα και πραγματοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις μεταβλητών που σχετίζονται μ' αυτούς,

η έρευνα που πραγματοποιήθηκε διαθέτει τα χαρακτηριστικά ενός *σχεδίου επαναλαμβανόμενων μετρήσεων* ενός παράγοντα (repeated measures· Salkind, 2010). Σ' αυτού του είδους τους πειραματικούς σχεδιασμούς τα δείγματα δεν είναι ανεξάρτητα (between subjects ή between groups), ώστε οι συμμετέχοντες να λαμβάνουν μέρος μόνο σε 1 πειραματική συνθήκη αλλά είναι εξαρτημένα (within subjects), δηλαδή οι συμμετέχοντες λαμβάνουν μέρος σε όλες τις πειραματικές συνθήκες ή τα επίπεδα της ανεξάρτητης μεταβλητής.

Οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις παρέχουν πληροφορίες για τη διαφοροποίηση των τιμών μιας μεταβλητής κάτω από διαφορετικές συνθήκες ή διαχρονικά και θεωρήθηκε ως κατάλληλος σχεδιασμός για τη διερεύνηση του επιπέδου επάρκειας των δεξιοτήτων εκσφαλμάτωσης των μαθητών και της εφαρμογής στρατηγικών εκσφαλμάτωσης απ' αυτούς κατά τις 4 διδακτικές ενότητες της διδακτικής παρέμβασης. Το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και η επιλογή των στρατηγικών αποτέλεσαν τις εξαρτημένες μεταβλητές της έρευνας, ενώ οι 4 διδακτικές ενότητες της διδακτικής παρέμβασης αποτέλεσαν τα επίπεδα της ανεξάρτητης μεταβλητής. Όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε όλα τα επίπεδα της ανεξάρτητης μεταβλητής, η σειρά των οποίων ήταν η ίδια για όλους τους συμμετέχοντες, σύμφωνα με το πλάνο της διδακτικής παρέμβασης. Το γεγονός ότι όλα τα υποκείμενα ενός πειράματος επαναλαμβανόμενων μετρήσεων λαμβάνουν μέρος σε όλες τις πειραματικές συνθήκες ή επίπεδα περιορίζει την επίδραση των διαφορετικών χαρακτηριστικών των υποκειμένων στα επίπεδα της εξαρτημένης μεταβλητής, αλλά δεν μπορεί να αποκλείσει *φαινόμενα σειράς* (order effects), που σχετίζονται με τη σειρά με την οποία οι συμμετέχοντες εκτέθηκαν στις πειραματικές συνθήκες (Gaito, 1961).

9.2 Το ερευνητικό δείγμα

Στην έρευνα που περιελάμβανε τις δραστηριότητες δοκιμής και εκσφαλμάτωσης κώδικα στο Scratch συλλέχθηκαν μετρήσεις από 43 ζεύγη σε καθεμία από τις 4 διδακτικές ενότητες της διδακτικής παρέμβασης. Συγκεντρώθηκαν, επομένως, 172 μετρήσεις του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης. Κάθε ζεύγος μαθητών αξιολογήθηκε, επίσης, ως προς το είδος της στρατηγικής εκσφαλμάτωσης που εφάρμοσε και καταγράφηκαν συνολικά 172 στρατηγικές, 43 σε καθεμία ενότητα.

9.3 Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων

9.3.1 Ημιδομημένες συνεντεύξεις

Πλούσια δεδομένα για τη διαδικασία της επίλυσης των προβλημάτων και για τις στρατηγικές που εφάρμοσαν οι μαθητές λήφθηκαν μέσα από την πραγματοποίηση ημιδομημένων συνεντεύξεων με τους μαθητές. Σε καθεμία από τις 4 διδακτικές ενότητες (Εξερεύνηση, Κινούμενα Σχέδια, Ιστορίες, Παιχνίδια), ο ερευνητής επισκέφθηκε κάθε ζεύγος μαθητών στον σταθμό εργασίας του και έλαβε περιγραφές του τρόπου με τον οποίο εργάστηκε σε όλη τη διαδικασία της επίλυσης των δραστηριοτήτων εκσφαλμάτωσης. Οι ερωτήσεις των ημιδομημένων συνεντεύξεων αφορούσαν τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.1), βασίστηκαν στη ρουμπρίκα αξιολόγησης της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.3) και ήταν κοινές για όλους τους μαθητές (π.χ. «Περιγράψτε τι συνέβη όταν εκτελέσατε το έργο σας και τι ήταν διαφορετικό από αυτό που επιθυμούσατε»). Ωστόσο, ο ερευνητής έλαβε υπόψη τις απαντήσεις κάθε ζεύγους μαθητών και εξειδίκευσε τις ερωτήσεις του, σύμφωνα με τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της εργασίας του ζεύγους. Τα δεδομένα που παράχθηκαν από τις συνεντεύξεις αξιοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, αλλά επίσης συνδυάστηκαν με τα δεδομένα των πρόσθετων μέσων συλλογής για την κατηγοριοποίηση των στρατηγικών των μαθητών σε συστηματικές, εν μέρει συστηματικές και μη συστηματικές.

9.3.2 Γραπτές περιγραφές των ενεργειών των μαθητών

Προκειμένου να αξιολογηθεί το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών και να καταγραφεί το είδος της στρατηγικής που εφάρμοσαν κατά την εκσφαλμάτωση αξιοποιήθηκαν, επίσης, τα δεδομένα που συλλέχθηκαν από τις γραπτές περιγραφές του τρόπου με τον οποίο εργάστηκαν για την επίλυση των δραστηριοτήτων εκσφαλμάτωσης. Όπως φαίνεται στις Εικόνες 29 και 30, ζητήθηκε από τους μαθητές να απαντήσουν γραπτά σε ερωτήσεις που αφορούσαν τη διαδικασία που ακολούθησαν για την επιδιόρθωση του κώδικα των δοθέντων έργων του Scratch (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.2). Η θεματική ανάλυση που εφαρμόστηκε στα δεδομένα οδήγησε στην κατασκευή των «θεμάτων», δηλαδή τρόπων με τους οποίους εργάστηκαν οι μαθητές και μοιράζονταν κοινά χαρακτηριστικά. Στη συνέχεια μετρήθηκε η συχνότητα εμφάνισης κάθε «θέματος» και αυτά τοποθετήθηκαν στις αντίστοιχες κατηγορίες, που αφορούσαν τις

συστηματικές στρατηγικές εκσφαλμάτωσης, τις εν μέρει συστηματικές και της μη συστηματικές.

ΔΙΟΡΘΩΣΕ ΤΟ!:
ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ

+ Ποιο ήταν το πρόβλημα :

Η γάτα ενώ θα έπρεπε να μην μπορεί να περάσει από τα πράσινα τείχη εκείνη υπορέιχε.

+ Πώς εντοπίσατε το πρόβλημα;

Εντοπίσαμε το πρόβλημα πατώντας το πράσινο κουμπί, δηλαδή τρίζοντας το πρόγραμμα.

+ Πώς επιδιορθώσατε το πρόβλημα;

Προσθήσα ένα καινούριο πρόγραμμα στο οποίο όταν άγγιζε το πράσινο τείχος μετέδιδε ένα μήνυμα. Όταν το γατάκι λάμβανει αυτό το μήνυμα ξεκινούσε από την αρχή.

+ Είχαν οι άλλοι εναλλακτικές προσεγγίσεις για την επίλυση του προβλήματος;

Άλλες προσεγγίσεις ήταν ^{το γατάκι} να σταματάει αμέσως μόλις ακουμπήσει το τείχος, ή να πει «Σήμερα...».

Εικόνα 29. Γραπτός αναστοχασμός μαθητή για τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης



Εικόνα 30. Διάγραμμα ροής μαθητή για τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης

9.3.3 Καταγραφές των ενεργειών επί της οθόνης

Στις περιπτώσεις που κατέστη δυνατό από την άποψη της τεχνικής υποδομής πραγματοποιήθηκε καταγραφή της διαδικασίας της εκσφαλμάτωσης σε βίντεο. Χρησιμοποιήθηκε ενσωματωμένο στο λειτουργικό σύστημα των υπολογιστών των εργαστηρίων λογισμικό καταγραφής των ενεργειών επί της οθόνης και οι καταγραφές αφορούσαν μόνο 2 από τα 43 ζεύγη μαθητών της παρούσας έρευνας, που αντιστοιχεί σε ποσοστό περίπου 5% των ζευγών αυτών. Η ανάλυση του μαγνητοσκοπημένου υλικού πραγματοποιήθηκε για τις δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης όλων των ενοτήτων στις οποίες εργάστηκαν οι μαθητές και ενίσχυσε την εγκυρότητα της έρευνας. Οι μαθητές φάνηκε πως εργάστηκαν με φυσικό τρόπο, καθώς δεν παρατηρήθηκαν σημάδια που να υποδεικνύουν ότι προσπάθησαν να ικανοποιήσουν τις προσδοκίες του ερευνητή. Στα δεδομένα που συλλέχθηκαν, τέλος, εφαρμόστηκε θεματική ανάλυση, για την κατασκευή των «θεμάτων», δηλαδή των τρόπων με τους οποίους εργάστηκαν οι μαθητές και μοιράζονταν κοινά χαρακτηριστικά. Τέλος, αυτά τοποθετήθηκαν στις αντίστοιχες κατηγορίες των συστηματικών, των εν μέρει συστηματικών και των μη συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης.

9.3.4 Ρουμπρίκα αξιολόγησης της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης

Τα δεδομένα που προέκυψαν από τα μέσα συλλογής που περιγράφηκαν παραπάνω αξιοποιήθηκαν και για την αξιολόγηση του επιπέδου επάρκειας της δεξιότητας δοκιμής εκσφαλμάτωσης των μαθητών. Το εργαλείο που αξιοποιήθηκε για τον σκοπό αυτό ήταν η ρουμπρίκα αξιολόγησης της πρακτικής της ΥΣ της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3.3). Η συγκεκριμένη ρουμπρίκα αποτελείται από 4 προτάσεις-κριτήρια, για τις οποίες έχουν οριστεί 3 επίπεδα επίδοσης που περιγράφονται αναλυτικά. Η πρώτη πρόταση αφορά την περιγραφή από τους μαθητές της μη αναμενόμενης συμπεριφοράς του προγράμματος του Scratch όταν εκείνοι πάτησαν το πράσινο σημαίακι και το πρόγραμμα εκτελέστηκε, ενώ η δεύτερη την περιγραφή του τρόπου με τον οποίο εξετάστηκαν τα σενάρια για την διερεύνηση του προβλήματος. Στη συνέχεια αξιολογείται ο τρόπος με τον οποίο οι μαθητές πραγματοποίησαν τις αλλαγές και έλεγξαν τι συνέβη και τέλος οι τρόποι με τους οποίους σκέφτηκαν ότι θα μπορούσε να λυθεί το πρόβλημα εναλλακτικά. Για καθεμία πρόταση ορίστηκε χαμηλό, μέτριο και υψηλό επίπεδο επίτευξης, με αναλυτική περιγραφή των προδιαγραφών που πρέπει να πληροί η απάντηση των μαθητών για να τοποθετηθεί σε ένα από τα παραπάνω επίπεδα.

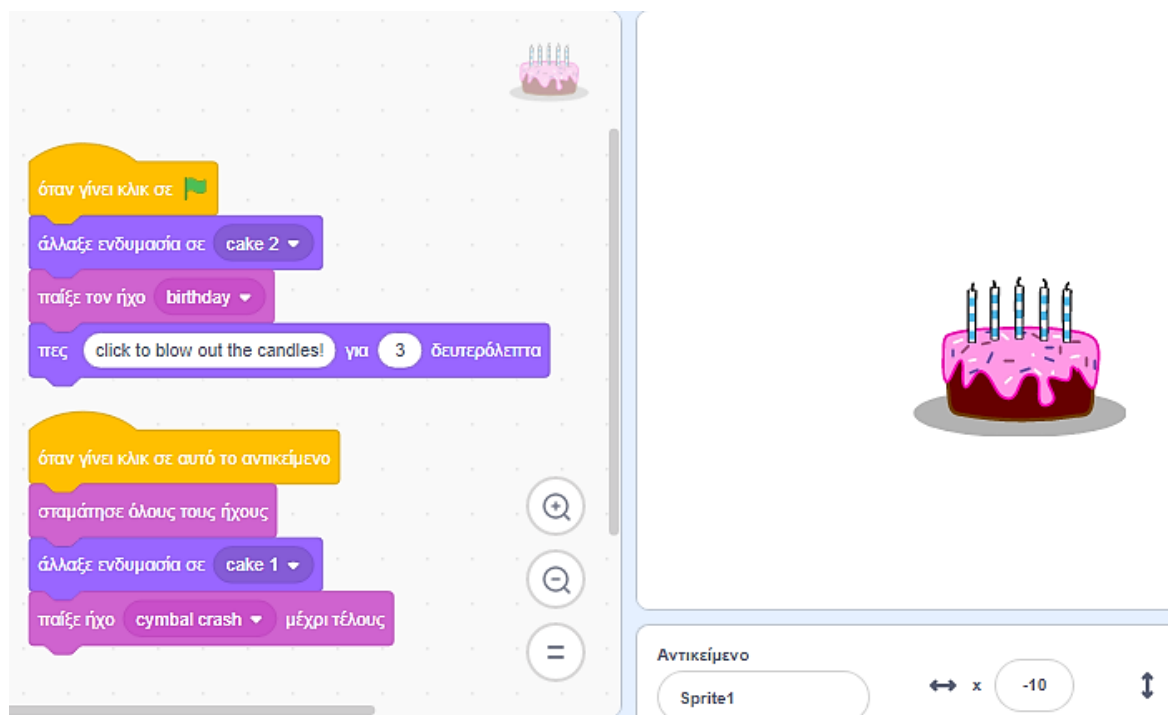
Για τον υπολογισμό της μέσης τιμής της μεταβλητής του επιπέδου της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης κατά την κωδικοποίηση των απαντήσεων το χαμηλό επίπεδο έλαβε 1 βαθμό, το μέτριο 2 βαθμούς και το υψηλό 3 βαθμούς. Το μέγιστο, λοιπόν, της βαθμολογίας της ρουμπρίκας είναι οι 12 βαθμοί, που, δεδομένου ότι η ρουμπρίκα αποτελείται από 4 προτάσεις, αντιστοιχούν στη μέση τιμή 3 και υποδεικνύουν το υψηλότερο επίπεδο της πρακτικής που αξιολογείται, ενώ το ελάχιστο οι 4 βαθμοί, που αντιστοιχούν στη μέση τιμή 1 (εύρος 4–12 βαθμών ή μέσης τιμής 1–3).

9.4 Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων

Για τη διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων έλαβε χώρα σχεδιασμός επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, καθώς οι ίδιοι συμμετέχοντες ελέγχθηκαν υπό 4 πειραματικές συνθήκες. Ειδικότερα, κάθε ζεύγος μαθητών ασχολήθηκε με την εκσφαλμάτωση 2 σεναρίων για καθεμία από τις 4 διδακτικές ενότητες της διδακτικής παρέμβασης.

Οι δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης στις οποίες συμμετείχαν οι μαθητές αρχικά ήταν εκείνες της ενότητας της Εξερεύνησης, η οποία αποσκοπεί στην εξοικείωση των μαθητών με την υπολογιστική έννοια της ακολουθίας και με την πρακτική της προσαύξησης και επανάληψης και της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης. Κατά την ενότητα αυτή, οι μαθητές κλήθηκαν να εκσφαλματώσουν ένα πρόγραμμα στο οποίο με την έναρξη του προγράμματος η γάτα του Scratch και άλλο ένα αντικείμενο έπρεπε να αρχίσουν να χορεύουν, ενώ χόρευε μόνο το δεύτερο αντικείμενο, όπως και ένα ακόμη πρόγραμμα, στο οποίο η γάτα του Scratch θα έπρεπε να ξεκινήσει από την αριστερή πλευρά της σκηνής, να πει κάτι σχετικό με τη θέση της εκεί, να ολισθήσει προς τη δεξιά πλευρά της σκηνής και να πει κάτι και εκεί επαναλαμβάνοντας συνεχώς την ίδια διαδικασία, ενώ αυτό γινόταν μόνο μία φορά.

Στην επόμενη ενότητα, οι μαθητές δημιούργησαν προγράμματα κινουμένων σχεδίων, πειραματιζόμενοι με τις έννοιες των βρόχων, των συμβάντων και της παραλληλίας. Στην πρώτη δραστηριότητα εκσφαλμάτωσης η γάτα του Scratch έπρεπε να χορεύει ταυτόχρονα με τον ήχο ενός μουσικού οργάνου, αλλά οι μαθητές διαπίστωσαν ότι ο χορός της γάτας σταματούσε μετά από λίγο και το μουσικό όργανο συνέχιζε να ακούγεται. Στη δεύτερη δραστηριότητα, το πρόγραμμα επρόκειτο να ξεκινά με ένα τραγούδι γενεθλίων (Happy Birthday) και όταν το τραγούδι τελείωνε να προβάλλονται οδηγίες για το σβήσιμο των κεριών. Ωστόσο, οι οδηγίες εμφανίζονταν κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγής του τραγουδιού.



Εικόνα 31. Η δραστηριότητα εκσφαλμάτωσης στην ενότητα των *Κινουμένων Σχεδίων*

Η ενότητα των Ιστοριών εστίασε στη δημιουργία ψηφιακών αφηγήσεων και στις πρακτικές της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής και της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, όπως και σε άλλες έννοιες της ΥΣ (συμβάντα και παραλληλία). Το πρώτο πρόγραμμα προς εκσφαλμάτωση παρουσίαζε τη γάτα του Scratch «να διδάσκει» ένα άλλο αντικείμενο να νιαουρίζει, αλλά το δεύτερο δε μιλούσε καθόλου, παρά την προσπάθεια της γάτας. Στο δεύτερο πρόγραμμα, η γάτα δίδασκε και πάλι το ίδιο αντικείμενο να κάνει ένα άλμα, αλλά πάλι εκείνο δεν έκανε καμία ενέργεια.

Τέλος, στην ενότητα στην οποία οι μαθητές κλήθηκαν να δοκιμάσουν και να εκσφαλματώσουν προγράμματα παιχνιδιών στο Scratch, οι μαθητές εισήχθησαν στις έννοιες των συνθηκών, των τελεστών και των δεδομένων και εξοικειώθηκαν με τις υπολογιστικές πρακτικές της προσαύξησης και επανάληψης, της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής και της νοητικής αφαίρεσης και τμηματοποίησης. Ανάμεσα στις προκλήσεις που είχαν να αντιμετωπίσουν οι μαθητές ήταν η επιδιόρθωση ενός κώδικα, προκειμένου η γάτα του Scratch να προσθέτει στη λίστα της όποιο αντικείμενο ακουμπούσε, καθώς στην κατάσταση του προγράμματος με τα σφάλματα πρόσθετε στη λίστα της μόνο ένα από τα αντικείμενα της σκηνής. Οι μαθητές, ακόμα, επιδιόρθωσαν ένα παιχνίδι

στο οποίο η γάτα έπρεπε να κινείται ανάμεσα σε τοίχους ως το τέλος του λαβύρινθου και να αποτυγχάνει στην επαφή μ' αυτούς, αλλά εκείνη μπορούσε να περνάει μέσα από τους τοίχους.

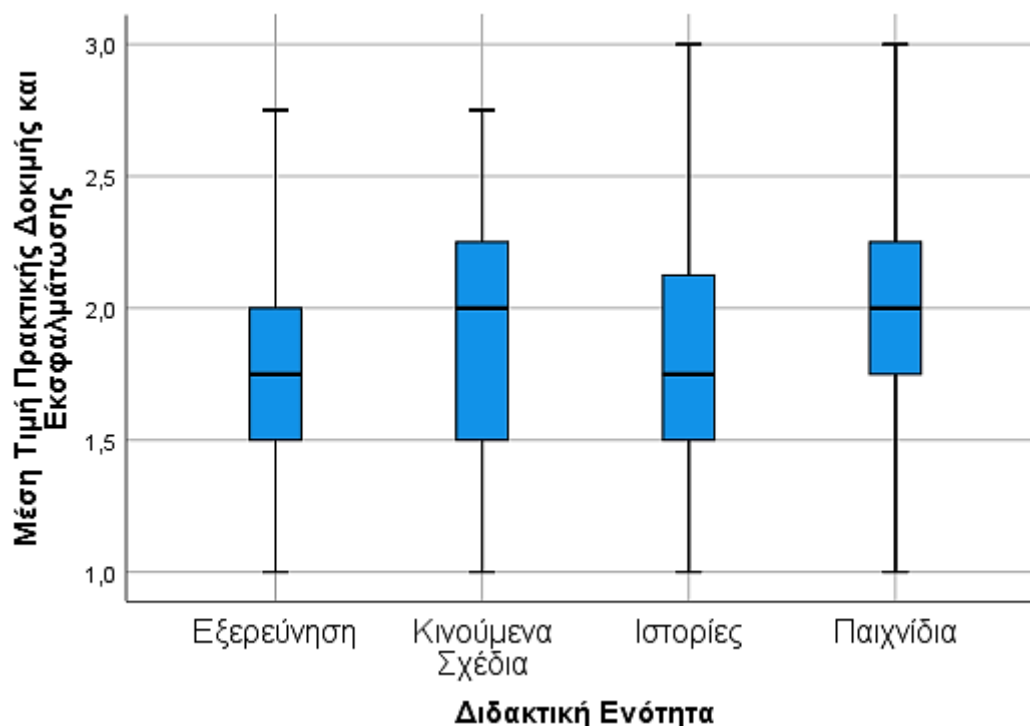
Η διδασκαλία ξεκίνησε κάθε φορά με εισαγωγή του ερευνητή για τη δραστηριότητα και στη συνέχεια ζητήθηκε απ' τους μαθητές να εργαστούν για την επιδιόρθωσή της. Στη συνέχεια επισκέφθηκε κάθε ζεύγος μαθητών, προκειμένου να παρατηρήσει τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται, ενώ σε περιπτώσεις που το επέτρεπαν οι προδιαγραφές του υπολογιστή γινόταν η καταγραφή των κινήσεων επί της οθόνης. Σε επόμενη φάση καταγράφηκε η περιγραφή του τρόπου με τον οποίο εργάζονταν μέσω των ερωτήσεων της ημιδομημένης συνέντευξης και στη συνέχεια διατυπώθηκαν περισσότερο εξειδικευμένες ερωτήσεις, προκειμένου να καταστεί όσο το δυνατό πιο σαφής ο τρόπος εργασίας των μαθητών, ενώ καταγράφηκε σύντομα και ο τρόπος εργασίας τους από τους ίδιους. Τέλος, ακολούθησε συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης για την προσέγγιση που ακολουθήθηκε από κάθε ζεύγος κατά την επίλυση του προβλήματος.

9.5 Η διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων

Για την εξαγωγή των αποτελεσμάτων της έρευνας πραγματοποιήθηκε ανάλυση τόσο των ποιοτικών δεδομένων που συλλέχθηκαν, όσο και των ποσοτικών δεδομένων που προέκυψαν από τον μετασχηματισμό των ποιοτικών δεδομένων σε ποσοτικά με την αξιοποίηση της ρουμπρίκας. Αρχικά ορίστηκαν τα τέσσερα επίπεδα της ανεξάρτητης μεταβλητής (Εξερεύνηση, Κινούμενα Σχέδια, Ιστορίες, Παιχνίδια), σε αντιστοιχία με τις διδαχθείσες ενότητες του οδηγού δραστηριοτήτων Creative Computing και για τα οποία μετρήθηκε η πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών. Η αξιολόγηση του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης κώδικα στο Scratch έλαβε χώρα, λοιπόν, σε 4 χρονικά σημεία, τα οποία αντιστοιχούν στην ολοκλήρωση των ισάριθμων ενοτήτων του οδηγού των δραστηριοτήτων, οδηγώντας σε 172 μετρήσεις ή 43 τετράδες μετρήσεων.

Προκειμένου να διερευνηθεί η ύπαρξη στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών κατά τις 4 διδακτικές ενότητες των δραστηριοτήτων, διενεργήθηκε μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (one-way repeated measures analysis of variance-ANOVA). Η διενέργεια της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων απαιτεί την εκπλήρωση μιας σειράς ειδικότερων προϋποθέσεων. Αρχικά, κατασκευάστηκε

θηκόγραμμα (boxplot· βλ. Γράφημα 3) μέσα από την εξέταση του οποίου επιβεβαιώθηκε ότι δεν υπήρξαν ακραίες τιμές σε κανένα από τα τέσσερα σημεία του ελέγχου.



Γράφημα 3. Θηκόγραμμα της μέσης τιμής της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης στις 4 διδακτικές ενότητες

Στη συνέχεια, εξασφαλίστηκε η κανονικότητα της κατανομής των τιμών στις 4 συνθήκες ελέγχου με διενέργεια του ελέγχου Shapiro-Wilk, καθώς ο αριθμός του δείγματος είναι < 50 . Η μέση τιμή της υπολογιστικής πρακτικής βρέθηκε να έχει κανονική κατανομή στις 4 διδακτικές ενότητες, όπως αξιολογήθηκε από τον έλεγχο Shapiro-Wilk ($p > .05$) και φαίνεται στον Πίνακα 15. Ο έλεγχος της κανονικότητας της κατανομής των τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής επιβεβαιώθηκε και με τον υπολογισμό των τυπικών τιμών για τη συμμετρία και την κύρτωση βάσει των τύπων $Z_{skew} = skew / SE_{skew}$ και $Z_{kurtosis} = kurtosis / SE_{kurtosis}$ αντίστοιχα. Οι τυπικές τιμές βρέθηκαν να είναι μεταξύ των απόλυτων τιμών -2 και +2.

Τέλος, εξασφαλίστηκε ότι οι επαναληπτικές μετρήσεις της εξαρτημένης μεταβλητής εμφανίζουν συνάφεια, τουλάχιστον σε κάποιο βαθμό, καθώς δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Ειδικότερα, εξασφαλίστηκε ένας συνδυασμός προϋποθέσεων, που είναι γνωστός ως σφαιρικότητα (Boik, 1979· Weinfurt, 2000) με διενέργεια του ελέγχου σφαιρικότητας του Mauchly. Ο έλεγχος Mauchly έδειξε ότι η προϋπόθεση της σφαιρικότητας δεν παραβιάστηκε,

$\chi^2(5) = 2.66, p = .752$. Επιπλέον, προσδιορίστηκε το μέγεθος της επίδρασης (effect size) των τεσσάρων επιπέδων στο επίπεδο επάρκειας των μαθητών στην υπολογιστική πρακτική, με υπολογισμό των τιμών των συντελεστών η^2_p για την επίδραση στο δείγμα και ω^2_p για την επίδραση στον πληθυσμό.

Πίνακας 15. Στατιστική τιμή, βαθμοί ελευθερίας και στατιστική σημαντικότητα για τον έλεγχο κανονικότητας Shapiro-Wilk

	Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.
Εξερεύνηση	.962	43	.159
Κινούμενα Σχέδια	.953	43	.076
Ιστορίες	.961	43	.148
Ψηφιακά παιχνίδια	.967	43	.240

Μετά τη διενέργεια του στατιστικού ελέγχου της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων, πραγματοποιήθηκαν ανά ζεύγη συγκρίσεις των μέσων τιμών της εξαρτημένης μεταβλητής (post hoc tests) για κάθε συνθήκη ελέγχου με τη μέθοδο Bonferroni. Έτσι, διερευνήθηκαν όλα τα πιθανά ζεύγη διαφορών, δεδομένου ότι δεν υπήρχαν ερευνητικές υποθέσεις για διαφορές ανάμεσα στις μέσες τιμές συγκεκριμένων ζευγών συνθηκών ελέγχου. Τέλος, κατασκευάστηκε *γράφημα γραμμής* (line graph) για τη γραφική απεικόνιση της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων.

Η θεματική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα δεδομένα των γραπτών περιγραφών, των ημιδομημένων συνεντεύξεων και των καταγραφών των ενεργειών επί της οθόνης εστίασε αρχικά στην εύρεση των σημείων που ανταποκρίνονταν στα ερευνητικά ερωτήματα, δηλαδή της διαδικασίας που ακολούθησαν οι μαθητές κατά την εκσφαλμάτωση κώδικα στο Scratch. Προέκυψε μια σειρά από κωδικούς, οι οποίοι αναφέρονταν σε συγκεκριμένους εννοιολογικούς προσδιορισμούς και ήταν περιγραφικοί (π.χ. «ο μαθητής εκτελεί τις εντολές για να εντοπίσει το σφάλμα», «δημιουργεί υποθέσεις για την αιτία του σφάλματος», «εντοπίζει το σφάλμα», «πραγματοποιεί αλλαγές στον κώδικα» «εκτελεί εκ νέου τις εντολές»). Με βάση τους κωδικούς, προέκυψαν θέματα, που αφορούσαν τον τρόπο εργασίας των μαθητών κατά την εκσφαλμάτωση και μοιράζονταν κοινά χαρακτηριστικά. Αυτά τοποθετήθηκαν σε 3 κατηγορίες.

Στην πρώτη κατηγορία, των συστηματικών στρατηγικών, συμπεριλήφθηκε η προσέγγιση μαθητών που εφάρμοσαν μια διαδικασία αλληπάλληλης δημιουργίας υποθέσεων και δοκιμών του κώδικα, χωρίζοντάς τον συχνά σε μικρότερα τμήματα για την καλύτερη διαχείρισή του. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων, η εργασία των μαθητών αυτών ξεκινούσε με την εκτέλεση του προγράμματος και τη σύγκριση με το αναμενόμενο αποτέλεσμα. Στις εν μέρει συστηματικές στρατηγικές συμπεριελήφθησαν προσεγγίσεις που βρίσκονταν στη σωστή κατεύθυνση προς την επίλυση του προβλήματος, αλλά είτε εστίασαν σε όχι σωστά τμήματα του κώδικα σύμφωνα με μια αρχική υπόθεση («κάτι δεν πάει καλά εδώ») δοκιμάζοντας αλλαγές σ' αυτό και μόνο, είτε κατάφεραν εντοπισμό του σφάλματος με δοκιμές. Στη δεύτερη περίπτωση επιδιώχθηκε η επιδιόρθωσή του με αντικατάσταση του εσφαλμένου τμήματος κώδικα με νέο κώδικα, εννοιολογικά σωστό, αλλά όχι κατάλληλο για το πρόβλημα. Στις μη συστηματικές στρατηγικές, τέλος, συμπεριελήφθησαν οι προσπάθειες των μαθητών που μόνο εξέτασαν οπτικά τον κώδικα χωρίς να προβούν σε επιδιόρθωση ή προσπάθησαν να εισαγάγουν ολόκληρο, νέο κώδικα για την πραγματοποίηση της αναμενόμενης λειτουργίας, αντικαθιστώντας τον παλιό.

Αφού υπολογίστηκαν οι σχετικές συχνότητες για τη στρατηγική εκσφαλμάτωσης που εφάρμοσαν οι μαθητές σε καθεμία από τις 4 διδακτικές ενότητες, τα δεδομένα κωδικοποιήθηκαν, προκειμένου να διερευνηθούν ενδεχόμενες διαφορές ανάμεσα στη χρήση τους (δεύτερο ερευνητικό ερώτημα). Ειδικότερα, προκειμένου να διερευνηθούν στατιστικά σημαντικές διαφορές στη συχνότητα χρήσης καθεμίας από τις 3 στρατηγικές εκσφαλμάτωσης κατά τις 4 διδακτικές ενότητες, διενεργήθηκε στατιστικός έλεγχος Q του Cochran (Cochran's Q).

Απαραίτητη προϋπόθεση του ελέγχου αποτελεί η χρήση μιας διχοτομικής εξαρτημένης μεταβλητής. Στην παρούσα έρευνα, καθεμία από τις στρατηγικές των μαθητών αποτέλεσε μια εξαρτημένη διχοτομική μεταβλητή, η οποία έλαβε την τιμή 0 για τη μη εφαρμογή της και την τιμή 1 για την εφαρμογή της. Με τον τρόπο αυτό εξασφαλίστηκε η διάκριση των συμμετεχόντων σε 2 αμοιβαίως αποκλειόμενες ομάδες, της χρήσης ή μη μιας στρατηγικής. Δεδομένου ότι οι μαθητές εργάστηκαν σε 43 ζεύγη και οι διδακτικές ενότητες ήταν 4, καταγράφηκε η χρήση 172 ($43 \cdot 4$) στρατηγικών. Προϋπόθεση του ελέγχου Q του Cochran, ακόμα, αποτελεί η ύπαρξη μιας ανεξάρτητης μεταβλητής που αποτελείται από τρεις ή περισσότερες ομάδες, οι οποίες δεν είναι ανεξάρτητες μεταξύ τους. Καθεμία στρατηγική των συμμετεχόντων ξεχωριστά, λοιπόν, μετρήθηκε κάτω από τις 4 διαφορετικές συνθήκες, που αντιστοιχούν σε καθεμία από τις 4 διδακτικές ενότητες.

Τα κωδικοποιημένα δεδομένα σταθμίστηκαν (weighting of cases) για την εξαγωγή των συχνοτήτων εφαρμογής καθεμίας στρατηγικής σε καθεμία από τις διδακτικές ενότητες και στη συνέχεια προσδιορίστηκε ο βαθμός στον οποίο το μέγεθος του δείγματος είναι ικανοποιητικό για τη διενέργεια του ελέγχου. Αφού εξασφαλίστηκε ότι το μέγεθος του δείγματος είναι μεγαλύτερο ή ίσο του 4 ($n \geq 4$), όπως απαιτείται, εξασφαλίστηκε και ότι το γινόμενο του δείγματος (n) επί το πλήθος των συσχετιζόμενων ομάδων (k) είναι μεγαλύτερο του 24 ($n \cdot k \geq 24$). Με βάση τα παραπάνω, υπολογίστηκε η τιμή του συντελεστή Q του Cochran, προσδιορίστηκε η σημαντικότητά του και πραγματοποιήθηκαν ανά ζεύγη συγκρίσεις των συχνοτήτων των στρατηγικών για κάθε διδακτική ενότητα (post hoc tests) με χρήση πολλαπλών τεστ του McNemar (multiple McNemar's tests with Bonferroni correction).

9.6 Αποτελέσματα

9.6.1 Επίδραση στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης

Τα περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών σε καθεμία από τις 4 διδακτικές ενότητες (βλ. Πίνακα 16) έδειξαν ότι οι μαθητές δεν κατέχουν σε ικανοποιητικό βαθμό την πρακτική αυτή. Ειδικότερα, στην εισαγωγική δραστηριότητα της Εξερεύνησης ($M = 1.76$, $SD = 0.44$), στην επόμενη των Κινούμενων Σχεδίων ($M = 1.93$, $SD = 0.46$) και στην τρίτη χρονικά, των Ιστοριών, ($M = 1.80$, $SD = 0.51$) οι μαθητές σημείωσαν επίδοση κατώτερη της μέτριας, αν και μέση τιμή βρέθηκε πολύ κοντά στην τιμή 2, η οποία αντιστοιχεί στο μέτριο επίπεδο, σύμφωνα με τη βαθμολόγηση της ρουμπρίκας. Στην τελευταία διδακτική ενότητα, των Παιχνιδιών, οι δεξιότητες των μαθητών μετρήθηκαν ως μέτριου επιπέδου ($M = 2.02$, $SD = 0.50$), καθώς η μέση τιμή της επίδοσής τους ξεπέρασε οριακά την τιμή 2.

Πίνακας 16. Περιγραφικά στατιστικά δεδομένα για το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών

Descriptive Statistics			
	Mean	Std. Deviation	N
Εξερεύνηση	1.76	.44	43
Κινούμενα Σχέδια	1.93	.46	43
Ιστορίες	1.80	.51	43
Παιχνίδια	2.02	.50	43

Πίνακας 17. Αποτελέσματα ανάλυσης διακύμανσης για την επίδραση των διδακτικών ενοτήτων στο επίπεδο επάρκειας των δεξιοτήτων εκσφαλμάτωσης

Tests of Within-Subjects Effects

Measure: Επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης

Source		Type III Sum of Squares	df	F	Sig.	Partial Eta Squared
Διδακτική Ενότητα	Sphericity Assumed	1.821	3	10.230	.000	.196

Η μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων που διενεργήθηκε οδήγησε στην απόρριψη της μηδενικής υπόθεσης (H_0) της μη ύπαρξης διαφορών, καθώς το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών ήταν διαφορετικό σε στατιστικά σημαντικό βαθμό κατά την ολοκλήρωση καθεμίας από τις 4 διδακτικές ενότητες, $F(3, 126) = 10.23$, $p < .001$, όπως φαίνεται στον Πίνακα 17. Επιπλέον, οι τιμές των μερικών συντελεστών, $\eta^2_p = .20$ και $\omega^2_p = .18$, υποδεικνύουν ότι το μέγεθος της επίδρασης του είδους των δραστηριοτήτων στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής των μαθητών τόσο του δείγματος όσο και του πληθυσμού είναι μεγάλο.

Πίνακας 18. Πολλαπλές συγκρίσεις της μέσης τιμής του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης στις διδακτικές ενότητες

Pairwise Comparisons

Measure: Επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης

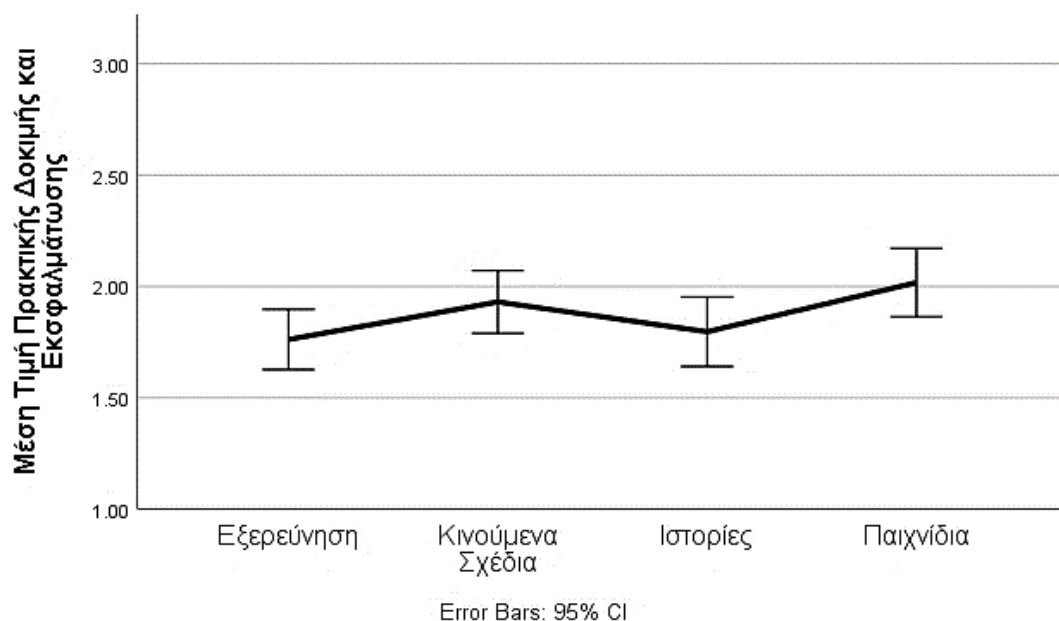
(I) Διδακτική Ενότητα	(J) Διδακτική Ενότητα	Mean Difference (I-J)	Sig. ^b
Εξερεύνηση	Κινούμενα Σχέδια	-.169*	.013
	Ιστορίες	-.035	1.000
	Παιχνίδια	-.256*	.000
	Εξερεύνηση	.169*	.013
Κινούμενα Σχέδια	Ιστορίες	.134*	.034
	Παιχνίδια	-.087	.800
	Εξερεύνηση	.035	1.000
	Κινούμενα Σχέδια	-.134*	.034
Ιστορίες	Παιχνίδια	-.221*	.001
	Εξερεύνηση	.256*	.000
	Κινούμενα Σχέδια	.087	.800
	Ιστορίες	.221*	.001

Based on estimated marginal means

*. The mean difference is significant at the .05 level.

b. Adjustment for multiple comparisons: Bonferroni.

Μετά τη διαπίστωση της στατιστικά σημαντικής διαφοράς των μέσων όρων του επιπέδου επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής κατά τις 4 μετρήσεις της, πραγματοποιήθηκαν πολλαπλές συγκρίσεις των μέσων όρων ανά ζεύγη με τη μέθοδο Bonferroni για τον εντοπισμό στατιστικά σημαντικών διαφορών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 18. Ειδικότερα, το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών από το τέλος της εισαγωγικής ενότητας, της Εξερεύνησης, βρέθηκε πως αυξήθηκε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό μέχρι το τέλος της δεύτερης διδακτικής ενότητας, των Κινουμένων Σχεδίων, ($M = -0.17$, 95% CI $[-0.31, -0.03]$, $p = .013$) και μέχρι το τέλος της τελευταίας διδακτικής ενότητας, των Παιχνιδιών ($M = -0.26$, 95% CI $[-0.41, -0.10]$, $p < .001$), ενώ δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στην Εξερεύνηση και τις Ιστορίες. Στατιστικά σημαντική διαφορά της μέσης τιμής της πρακτικής παρατηρήθηκε, επίσης, ανάμεσα στον έλεγχο της διδακτικής ενότητας των Κινουμένων Σχεδίων και των Ιστοριών, όπου η μέση τιμή μειώθηκε από τον πρώτο έλεγχο έως τον δεύτερο ($M = 0.13$, 95% CI $[-0.01, -0.26]$, $p = .034$), ενώ δε μεταβλήθηκε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από τη διδακτική ενότητα των Κινουμένων Σχεδίων ως την τελευταία διδακτική ενότητα. Τέλος, η μέση τιμή της της πρακτικής αυξήθηκε από τον έλεγχο της διδακτικής ενότητας των Ιστοριών ως τον τελικό έλεγχο, των Παιχνιδιών ($M = -0.22$, 95% CI $[-0.37, -0.07]$, $p = .001$). Τα δεδομένα της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων συνοψίζονται στο Γράφημα 4.



Γράφημα 4. Γράφημα γραμμής (line graph) για τη γραφική απεικόνιση της μονόδρομης ανάλυσης διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων

9.6.2 Επίδραση στη χρήση συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης

Η ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν έδειξε ότι η επικρατούσα προσέγγιση μεταξύ των 43 ζευγών μαθητών που εργάστηκαν σε δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης κώδικα του Scratch ήταν η εν μέρει συστηματική (βλ. Πίνακες 19 και 20). Ειδικότερα, στην ενότητα της Εξερεύνησης η εν μέρει συστηματική προσέγγιση επικράτησε, καθώς εφαρμόστηκε 21 φορές, πλήθος που αντιστοιχεί σε ποσοστό 48.9% του συνόλου των 43 στρατηγικών που καταγράφηκαν στη διδακτική ενότητα. Ακολούθησε η μη συστηματική προσέγγιση, η οποία εφαρμόστηκε 17 φορές στο σύνολο των 43 καταγεγραμμένων στρατηγικών (39.5%) και μικρότερη συχνότητα εμφάνισης σημείωσε η συστηματική προσέγγιση, καθώς η συχνότητα εφαρμογής της μετρήθηκε σε 5, που αντιστοιχεί σε ποσοστό 11.6% όλων των στρατηγικών της ενότητας.

Στην ενότητα των Κινουμένων Σχεδίων οι εν μέρει συστηματικές προσεγγίσεις εφαρμόστηκαν 21 φορές (48.8% των στρατηγικών της ενότητας), οι μη συστηματικές σημείωσαν τη δεύτερη μεγαλύτερη συχνότητα εφαρμογής (13 φορές ή 30.2% των στρατηγικών της ενότητας) και οι συστηματικές προσεγγίσεις 9 φορές, που αντιστοιχούν σε ποσοστό 21% του συνόλου των στρατηγικών της ενότητας. Τη μικρότερη συχνότητα εφαρμογής σημείωσαν οι συστηματικές προσεγγίσεις και κατά την εκσφαλμάτωση ψηφιακών Ιστοριών, δεδομένου ότι εφαρμόστηκαν μόνο 7 φορές (16.3% επί του συνόλου των στρατηγικών της ενότητας), ενώ τη δεύτερη μεγαλύτερη συχνότητα εφαρμογής σημείωσαν οι μη συστηματικές στρατηγικές (16 φορές ή 37.2% των στρατηγικών της ενότητας). Το μεγαλύτερο ποσοστό των στρατηγικών της ενότητας των Ιστοριών κατέλαβαν οι εν μέρει συστηματικές προσεγγίσεις, το οποίο υπολογίστηκε σε 46.5%, με σχετική συχνότητα εμφάνισης 20.

Πίνακας 19. Σχετική συχνότητα στρατηγικών εκσφαλμάτωσης και άθροισμα ανά διδακτική ενότητα

Στρατηγική εκσφαλμάτωσης	Εξερεύνηση		Κινούμενα Σχέδια		Ιστορίες		Παιχνίδια	
	Count	Column N %	Count	Column N %	Count	Column N %	Count	Column N %
Συστηματική	5	11.6%	9	21.0%	7	16.3%	17	39.5%
Εν μέρει συστηματική	21	48.9%	21	48.8%	20	46.5%	16	37.2%
Μη συστηματική	17	39.5%	13	30.2%	16	37.2%	10	23.3%
Total	43	100.0%	43	100.0%	43	100.0%	43	100.0%

Τέλος, στη διδακτική ενότητα των Παιχνιδιών επικράτησε η εφαρμογή συστηματικών προσεγγίσεων για την εκσφαλμάτωση (17 φορές ή 39.5% των στρατηγικών της ενότητας). Κατά 1 μονάδα μικρότερη ήταν η σχετική συχνότητα των εν μέρει συστηματικών προσεγγίσεων (16 ή 37.2% των στρατηγικών της ενότητας), ενώ τη μικρότερη σχετική συχνότητα εφαρμογής σημείωσαν οι μη συστηματικές προσεγγίσεις (10 φορές ή 23.3% του συνόλου των στρατηγικών των Παιχνιδιών).

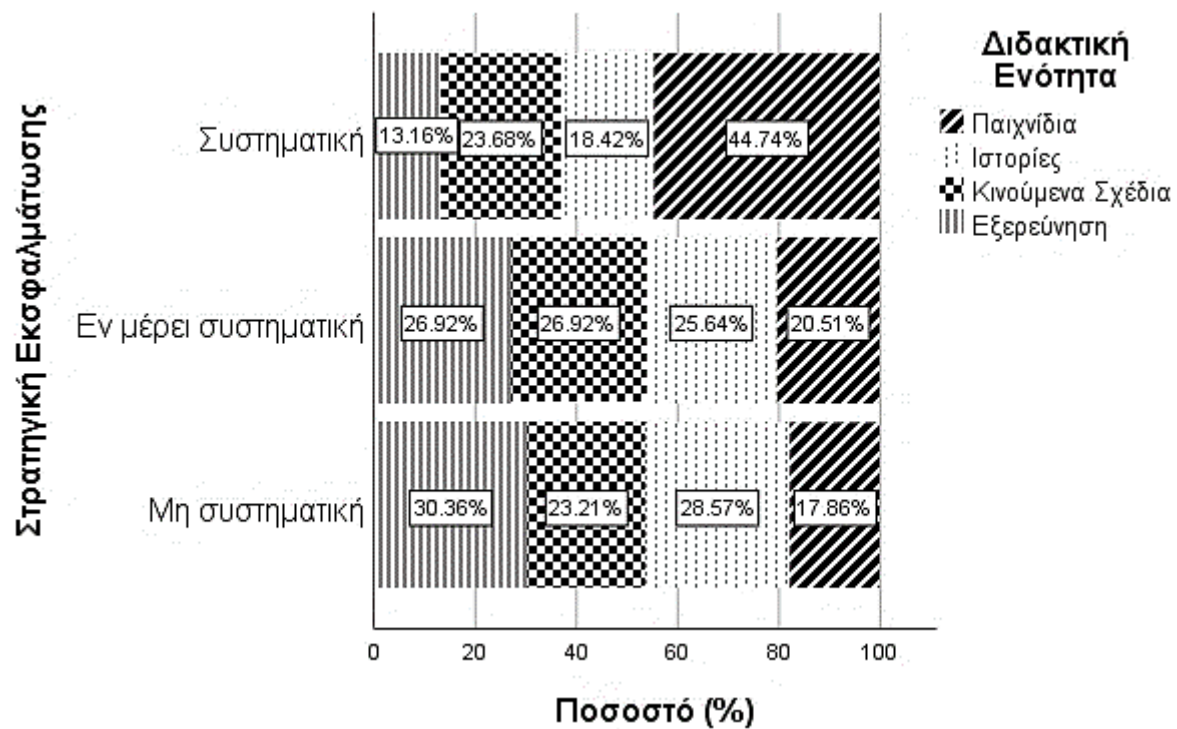
Πίνακας 20. Σχετική συχνότητα στρατηγικών εκσφαλμάτωσης και άθροισμα ανά στρατηγική

	Εξερεύνηση		Κινούμενα Σχέδια		Ιστορίες		Παιχνίδια		Total	
Στρατηγική εκσφαλμάτωσης	Count	Row N %	Count	Row N %	Count	Row N %	Count	Row N %	Count	Row N %
Συστηματική	5	13.2%	9	23.7%	7	18.4%	17	44.7%	38	100.0%
Εν μέρει συστηματική	21	26.9%	21	26.9%	20	25.7%	16	20.5%	78	100.0%
Μη συστηματική	17	30.4%	13	23.2%	16	28.6%	10	17.8%	56	100.0%

Όπως περιγράφηκε στην ενότητα 9.5, διενεργήθηκε στατιστικός έλεγχος Q του Cochran, για τη διερεύνηση στατιστικά σημαντικών διαφορών στα ποσοστά εφαρμογής καθεμίας από τις 3 κατηγορίες στρατηγικών εκσφαλμάτωσης στις 4 διδακτικές ενότητες. Η συστηματική προσέγγιση εμφανίστηκε στην Εξερεύνηση 5 φορές από τις 38 φορές που εμφανίστηκε σε όλες τις ενότητες (13.2%), 9 φορές στα Κινούμενα Σχέδια (23.7%), 7 φορές στις Ιστορίες (18.4%) και 17 φορές στα Παιχνίδια (44.7%). Η κρίσιμη τιμή του κριτηρίου Q έδειξε ότι το ποσοστό εμφάνισης καθεμίας από τις στρατηγικές στις διδακτικές ενότητες διαφέρει σε στατιστικά σημαντικό βαθμό, $\chi^2(3) = 8.737$, $p = .033$.

Ακολούθησαν ανά ζεύγη συγκρίσεις των ποσοστών της συστηματικής προσέγγισης στις διδακτικές ενότητες των διδασκαλιών με χρήση πολλαπλών τεστ του McNemar. Οι συγκρίσεις που πραγματοποιήθηκαν έδειξαν ότι παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά των ποσοστών εφαρμογής της συστηματικής προσέγγισης για την εκσφαλμάτωση κώδικα στο Scratch μεταξύ των διδακτικών ενότητων των Παιχνιδιών και της Εξερεύνησης ($p < .001$) και των Παιχνιδιών και των Ιστοριών ($p = .002$). Και στις δύο περιπτώσεις, η συστηματική στρατηγική εφαρμόστηκε συχνότερα στη διδακτική ενότητα των Παιχνιδιών. Σε κανένα άλλο ζεύγος δραστηριοτήτων δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές ως

προς το ποσοστό εφαρμογής της συστηματικής προσέγγισης στην εκσφαλμάτωση του κώδικα των μαθητών, όπως φαίνεται στον Πίνακα 21 και δεδομένου ότι το επίπεδο σημαντικότητας αναπροσαρμόστηκε από το $p = .05$ σε $p < .008333$, δηλαδή στην τιμή που αντιστοιχεί στο πηλίκο του 0.05 διά το πλήθος των ζευγών των συγκρίσεων (6).



Γράφημα 5. Σωρευμένες ράβδοι σχετικών συχνοτήτων εφαρμογής των στρατηγικών εκσφαλμάτωσης στις διδακτικές ενότητες

Πίνακας 21. Ανά ζεύγη συγκρίσεις των ποσοστών εφαρμογής της συστηματικής προσέγγισης στις διδακτικές ενότητες

Test Statistics ^a						
	Κινούμενα Σχέδια & Εξερεύνηση	Ιστορίες & Εξερεύνηση	Παιχνίδια & Εξερεύνηση	Ιστορίες & Κινούμενα Σχέδια	Παιχνίδια & Κινούμενα Σχέδια	Παιχνίδια & Ιστορίες
N	43	43	43	43	43	43
Exact Sig. (2-tailed)	.125 ^b	.625 ^b	.000 ^b	.625 ^b	.021 ^b	.002 ^b

a. McNemar Test

b. Binomial distribution used.

Ο στατιστικός έλεγχος Q του Cochran διενεργήθηκε και για τη διερεύνηση στατιστικά σημαντικών διαφορών στα ποσοστά εφαρμογής της εν μέρει συστηματικής προσέγγισης της εκσφαλμάτωσης στις 4 διδακτικές ενότητες. Η εν μέρει συστηματική προσέγγιση εφαρμόστηκε στην Εξερεύνηση 21 φορές από τις 78 φορές που εφαρμόστηκε σε όλες τις ενότητες (26.9%), ισάριθμες φορές στα Κινούμενα Σχέδια, 20 φορές στις Ιστορίες (25.7%) και 16 φορές στα Παιχνίδια (20.5%). Η κρίσιμη τιμή του κριτηρίου Q έδειξε ότι το ποσοστό εφαρμογής καθεμιάς από τις στρατηγικές στις διδακτικές ενότητες δε διαφέρει σε στατιστικά σημαντικό βαθμό, $\chi^2(3) = .872, p = .832$, δηλαδή ότι γίνεται αποδεκτή η μηδενική υπόθεση (H_0).

Καμία στατιστικά σημαντική διαφορά, τέλος, δεν παρατηρήθηκε στις συγκρίσεις μεταξύ των ζευγών των διδακτικών ενοτήτων στις οποίες παρατηρήθηκε εφαρμογή της μη συστηματικής στρατηγικής εκσφαλμάτωσης. Ειδικότερα, όπως φάνηκε στον Πίνακα 19, η στρατηγική εμφανίστηκε 17 φορές στην ενότητα της Εξερεύνησης (30.4% των συνολικών εμφανίσεών της), 13 φορές στα Κινούμενα Σχέδια (23.2%), 16 φορές στις Ιστορίες (28.6%) και 10 φορές στα Παιχνίδια (17.8%), χωρίς να παρατηρείται καμία στατιστικά σημαντική διαφορά των ποσοστών εμφάνισής της στις διαφορετικές ενότητες, $\chi^2(3) = 2.143, p = .543$. Η μηδενική υπόθεση (H_0) της μη ύπαρξης διαφορών στα ποσοστά εμφάνισης της στρατηγικής στις ενότητες έγινε, επομένως, αποδεκτή.

9.7 Συζήτηση

Στο παρόν κεφάλαιο διερευνήθηκε η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο τις συνιστώσες της ΥΣ στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών και στον βαθμό συστηματικότητας των στρατηγικών που επέλεξαν για την επίλυση των δραστηριοτήτων εκσφαλμάτωσης. Δεδομένου ότι οι δραστηριότητες έλαβαν χώρα σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού, τα σφάλματα δεν αφορούσαν το συντακτικό της γλώσσας, αλλά εστίασαν στην πρακτική της ΥΣ που αφορά τη δοκιμή της λειτουργίας του προγράμματος και της επιδιόρθωσής του.

Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων όλων των διδακτικών συνεδριών έδειξε πως οι μαθητές κατέχουν σε χαμηλό ή μέτριο επίπεδο την πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης κώδικα στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού. Η υψηλότερη μέση τιμή αυτής της πρακτικής της ΥΣ μετρήθηκε στη διδακτική ενότητα των ψηφιακών παιχνιδιών και διέφερε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από την αντίστοιχη μέση τιμή της ενότητας των ψηφιακών ιστοριών και της εισαγωγικής ενότητας. Ωστόσο, δε διέφερε από τη δεύτερη χρονικά ενότητα

των κινουμένων σχεδίων, η μέση τιμή της οποίας ήταν υψηλότερη σε σύγκριση τόσο με την προηγούμενή της χρονικά, την εισαγωγική ενότητα, όσο και με την επόμενη, την ενότητα των ιστοριών. Τέλος, η ενότητα της εκσφαλμάτωσης των ιστοριών, τρίτη χρονικά, σημείωσε χαμηλότερη μέση τιμή σε στατιστικά σημαντικό βαθμό τόσο από την προηγούμενη όσο και από την επόμενη της ενότητα. Σε προηγούμενη έρευνα έχει φανεί πως οι δεξιότητες που περιλαμβάνονται στην ΥΣ απαιτούν αρκετό χρόνο για να αναπτυχθούν (Atmatzidou & Demetriadis, 2016) και στο παρόν τμήμα της έρευνας, επίσης, φάνηκε ότι η διδακτική παρέμβαση που έλαβε χώρα και χαρακτηρίζεται από τη συγκεκριμένη διαδοχή εννοιών που αφορούν έννοιες και πρακτικές της ΥΣ μπορεί σταδιακά να οδηγήσει σε βελτίωση της επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης, όπως και στην εφαρμογή συστηματικών στρατηγικών κατά την εκσφαλμάτωση προγραμμάτων σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού.

Οι Perkins και Martin (1986) πριν περίπου τέσσερις δεκαετίες εστίασαν στις διαδικασίες της σκέψης, αποδίδοντας την εμφάνιση των σφαλμάτων σε περιορισμένη ανάπτυξη στρατηγικών επίλυσης προβλημάτων. Η ανάλυση των δεδομένων έδειξε ότι κατά την εκσφαλμάτωση οι μαθητές εφαρμόζουν συχνότερα διαδικασίες που μπορούν να χαρακτηριστούν ως εν μέρει συστηματικές ή μη συστηματικές. Ωστόσο, απορρίφθηκε η μηδενική υπόθεση των ίσων ποσοστών εφαρμογής κάθε κατηγορίας στρατηγικής στις 4 διδακτικές ενότητες, αφού φάνηκε πως η συστηματική προσέγγιση στην εκσφαλμάτωση κώδικα στο Scratch εφαρμόστηκε σε μεγαλύτερο ποσοστό κατά την εκσφαλμάτωση ψηφιακών παιχνιδιών σε σύγκριση με την εκσφαλμάτωση στις δραστηριότητες της εισαγωγικής ενότητας, της Εξερεύνησης, αλλά δεν παρατηρήθηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στα ποσοστά εφαρμογής των άλλων κατηγοριών στρατηγικών στις ενότητες της διδακτικής παρέμβασης και στη συγκεκριμένη διαδοχή τους.

Τα αποτελέσματα, επομένως, δείχνουν ότι η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης παιχνιδιών σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση του επιπέδου επάρκειας της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και σε χρήση περισσότερο συστηματικών στρατηγικών. Τα ευρήματα ενισχύουν τα ευρήματα άλλων ερευνητών που είχαν επισημάνει τη θετική επίδραση των δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τα ψηφιακά παιχνίδια στον εντοπισμό σφαλμάτων και τη διδασκαλία εννοιών της ΥΣ σε αρχάριους (Akcaoglu, 2014· Akcaoglu & Koehler, 2014· Allsop, 2019· Barcelos κ.ά., 2014· Denner κ.ά., 2012· Garneli & Chorianopoulos, 2018· Harrison κ.ά., 2018· Lee, 2015· Miljanovic & Bradbury, 2017· Troiano κ.ά., 2019, 2020· Yoon κ.ά., 2014). Κατά τη

διάρκεια της διδακτικής παρέμβασης της παρούσας έρευνας, οι δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης ψηφιακών παιχνιδιών διαδέχτηκαν δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης άλλων ενοτήτων, όπως περιγράφηκε. Είναι πιθανό, επομένως, μια ακολουθία δραστηριοτήτων εκσφαλμάτωσης όπως αυτή που εφαρμόστηκε, κατά το τελευταίο στάδιο της οποίας οι μαθητές καλούνται να εκσφαλματώσουν ψηφιακά παιχνίδια, να ευνοήσει την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ.

Το γεγονός ότι το υψηλότερο επίπεδο επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης μετρήθηκε στην ενότητα των ψηφιακών παιχνιδιών οδηγεί, επίσης, σε υποθέσεις για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων αυτών, που μπορούν να οδηγήσουν στην ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ. Κατά τη διάρκεια της ενότητας των ψηφιακών παιχνιδιών, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τις συνθήκες, τους τελεστές και τα δεδομένα, έννοιες της ΥΣ, όπως και με όλες τις πρακτικές της ΥΣ. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της διδακτικής ενότητας των ψηφιακών ιστοριών, στην οποία μετρήθηκε το χαμηλότερο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών, απαιτήθηκε μεγαλύτερη εξοικείωση με τις έννοιες των συμβάντων και της παραλληλίας. Κατά τη διάρκεια της προηγούμενης ενότητας, που εστίασε σε κινούμενα σχέδια, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τις ίδιες ακριβώς έννοιες αλλά και με τους βρόχους, ενώ στην εισαγωγική ενότητα μόνο με την έννοια της ακολουθίας. Επιπλέον, τα παιχνίδια ήταν συνήθως περισσότερο διαδραστικά, καθώς περιελάμβαναν έναν στόχο, τον οποίο επιδίωκε ο παίκτης. Τέλος, παρατηρήθηκε ότι οι μαθητές εκτέλεσαν για έλεγχο και ψυχαγωγία τον κώδικα των παιχνιδιών πολύ συχνότερα σε σύγκριση με εκείνον των ψηφιακών ιστοριών.

Μια ακόμη διάσταση για την οποία εξήχθησαν συμπεράσματα αφορά τον ρόλο της ρητής διδασκαλίας των στρατηγικών της εκσφαλμάτωσης. Λαμβάνοντας υπόψη τα στατιστικά αποτελέσματα και δεδομένου ότι δεν έλαβε χώρα ρητή διδασκαλία μιας συστηματικής στρατηγικής εκσφαλμάτωσης όπως εκείνης των Böttcher κ.ά. (2016), φαίνεται πως οι δεξιότητες βελτιώθηκαν και η χρήση των συστηματικών στρατηγικών αυξήθηκε από την αρχή ως το τέλος της διδακτικής παρέμβασης με έναν φυσικό τρόπο, που ίσως ενισχύθηκε από τις συζητήσεις στα ζεύγη και την ολομέλεια των μαθητών. Αυτή η εξέλιξη βρίσκεται σε συμφωνία με τις κονστρουκτιβιστικές αντιλήψεις για τη μάθηση και την κοινωνικογνωστική θεωρία, όπως και με τα αποτελέσματα πολλών σχετικών ερευνών που παρουσιάστηκαν στο θεωρητικό μέρος της εργασίας και δείχνουν ότι οι μαθητές μαθαίνουν από τα σφάλματά τους μόνο όταν γίνονται από τους ίδιους κατανοητά τα λανθασμένα νοητικά μοντέλα που οδήγησαν στα σφάλματα αυτά (Chmiel & Loui, 2004· McCauley κ.ά., 2008· Robertson κ.ά., 2004). Η

εξέλιξη, ακόμα, έρχεται σε συμφωνία με τη σωκρατική μέθοδο που πρότεινε ο Wilson (1987). Ωστόσο, πολλοί ερευνητές έχουν συμπεράνει πως η ρητή διδασκαλία του τρόπου με τον οποίο είναι ανάγκη να εργάζονται οι μαθητές κατά την εκσφαλμάτωση μπορεί να είναι περισσότερο αποτελεσματική από την ανάπτυξη μέσω απόκτησης εμπειριών εκσφαλμάτωσης (Böttcher κ.ά., 2016· Kessler & Anderson, 1986· Michaeli & Romeike, 2019).

Συμπερασματικά, συνεισφορά του παρόντος τμήματος της έρευνας αποτελεί το γεγονός ότι εστίασε στη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης αρχάριων προγραμματιστών, μαθητών της μεγαλύτερης τάξης του Δημοτικού σχολείου σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας σχολικής τάξης (και όχι σε προαιρετικές δραστηριότητες μετά τη λήξη του υποχρεωτικού προγράμματος του σχολείου), η οποία, ακόμη, πρόσφερε πληροφορίες για τα χαρακτηριστικά των δραστηριοτήτων που μπορούν να ευνοούν τη βελτίωση των δεξιοτήτων της ΥΣ. Άλλωστε, η πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης θεωρείται ως αγνοημένη από την επιστημονική έρευνα, η οποία έχει κυρίως διερευνήσει ζητήματα που σχετίζονται με τις έννοιες της ΥΣ. Ακόμα, πραγματοποιήθηκε συνδυασμός των μέσων συλλογής των δεδομένων, προκειμένου να αποτυπωθεί όσο το δυνατό πιστότερη εικόνα των πραγματικών διεργασιών της σκέψης των μαθητών κατά την εκσφαλμάτωση κώδικα σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού.

10. ΕΡΕΥΝΑ 3^Η: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ ΣΤΟ ΕΠΙΠΕΔΟ ΕΠΑΡΚΕΙΑΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΚΕΥΗΣ-ΤΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΔΙΑΣΚΕΥΑΣΜΕΝΩΝ ΕΡΓΩΝ

10.1 Ο σκοπός της έρευνας-Ερευνητικά ερωτήματα

Η ανάγκη για συνειδητοποίηση ότι η χρήση του υπολογιστή αποτελεί μέσο δημιουργίας, αναγνώρισης της δύναμης της δημιουργίας μαζί με άλλους και προσφοράς σε άλλους για την προσέγγιση προβλημάτων που αφορούν τον πραγματικό κόσμο σηματοδοτεί την τοποθέτηση των διαδικασιών της ΥΣ σε ένα νέο πλαίσιο, εκείνο της υπολογιστικής συμμετοχικότητας (Brennan & Resnick, 2012· Kafai, 2016). Η αναγνώριση της δημιουργικής και κοινωνικής φύσης των δεξιοτήτων της ΥΣ διεκδικεί και μετατοπίζει το ενδιαφέρον από τα εργαλεία και τον κώδικα προς την κοινότητα και το πλαίσιο. Μια από τις διαδρομές διεύρυνσης της ΥΣ αφορά την παρέμβαση στα έργα μελών της κοινότητας, τροποποιώντας ή εμπλουτίζοντάς τα, επισημαίνοντας την ανάγκη για μετάβαση προς έναν λιγότερο ατομικιστικό και περισσότερο κοινωνικό χαρακτήρα της ΥΣ.

Κατά τα τελευταία χρόνια διαπιστώνονται στην επιστημονική κοινότητα δύο αντικρουόμενες τάσεις. Η πρώτη υποστηρίζει ότι οι διαδικασίες διασκευής εκθέτουν τους χρήστες σε υλικό το οποίο έχει δημιουργηθεί από άλλους δημιουργούς, που διαθέτουν διαφορετικές δεξιότητες, γνώσεις και εμπειρίες και με τον τρόπο αυτό προωθούν τη μάθηση (Dasgupta κ.ά., 2016· Fields κ.ά., 2017), ενώ η δεύτερη ότι η διασκευή μπορεί να οδηγήσει σε ανιαρά και κακής ποιότητας νέα έργα (Keen, 2007· Lanier, 2010). Επιπλέον, πρόσφατες έρευνες δείχνουν ότι αν και η συμμετοχή μαθητών σε δραστηριότητες διασκευής μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ, η υπερβολική έκθεση και αξιοποίηση έργων άλλων δημιουργών μπορεί να υπονομεύει την ανάπτυξή τους (Dasgupta κ.ά., 2016· Xing, 2021).

Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο την ΥΣ και τις συνιστώσες της στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της ΥΣ της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής, αλλά και η διερεύνηση της διαφοράς των διασκευασμένων έργων σε σύγκριση με τα αρχικά έργα που δόθηκαν στους μαθητές ως προς τις συνιστώσες της ΥΣ που ενσωματώνουν. Ειδικότερα, τα ερευνητικά ερωτήματα που τέθηκαν προς διερεύνηση είναι τα εξής:

- 1) Σε ποιο βαθμό επιδρά η διδακτική παρέμβαση στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών;
- 2) Ως προς ποιες συνιστώσες της ΥΣ διαφοροποιούνται τα διασκευασμένα έργα των μαθητών σε σύγκριση με τα αρχικά έργα που τους δόθηκαν;

Δεδομένου ότι η μοναδική ομάδα συμμετεχόντων ήταν τα ζεύγη των μαθητών της ΣΤ' τάξης και πραγματοποιήθηκαν επαναλαμβανόμενες μετρήσεις μεταβλητών που σχετίζονται μ' αυτούς, η έρευνα διαθέτει τα χαρακτηριστικά ενός σχεδιασμού επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (Salkind, 2010). Ο σχεδιασμός αυτός αξιοποιήθηκε για τη διερεύνηση της διαφοράς στην επάρκεια της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών σε δύο διαφορετικές διδακτικές ενότητες. Το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής αποτέλεσε την εξαρτημένη μεταβλητή της έρευνας, ενώ τα επίπεδα της ανεξάρτητης μεταβλητής αποτέλεσαν οι 2 ενότητες της διδακτικής παρέμβασης, οι Ιστορίες και τα Παιχνίδια. Όλοι οι συμμετέχοντες έλαβαν μέρος σε όλα τα επίπεδα της ανεξάρτητης μεταβλητής (εξαρτημένα δείγματα), η σειρά των οποίων ήταν η ίδια για όλους τους συμμετέχοντες, σύμφωνα με το πλάνο της διδακτικής παρέμβασης.

10.2 Το ερευνητικό δείγμα

Σε καθεμία από τις δύο δραστηριότητες επαναχρησιμοποίησης και διασκευής κώδικα του Scratch έλαβαν μέρος 40 ζεύγη μαθητών, με αποτέλεσμα να προκύψουν 80 μετρήσεις του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής, 40 για τη διδακτική ενότητα των Ιστοριών και ισάριθμες για τη διδακτική ενότητα των Παιχνιδιών. Τα 40 ζεύγη μαθητών, δημιούργησαν, επίσης, 40 έργα σε καθεμία από τις ενότητες, με αποτέλεσμα να συλλεγούν 80 έργα, τα οποία αξιολογήθηκαν ως προς το επίπεδο στο οποίο ενσωματώνουν συνιστώσες της ΥΣ και ως προς τα γενικά χαρακτηριστικά τους.

10.3 Τα εργαλεία συλλογής των δεδομένων

10.3.1 Ημιδομημένες συνεντεύξεις

Ημιδομημένες συνεντεύξεις έλαβαν χώρα στην παρούσα έρευνα, προκειμένου να ληφθούν πληροφορίες για το επίπεδο επάρκειας των μαθητών αναφορικά με την υπολογιστική πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Οι συνεντεύξεις κράτησαν λίγα λεπτά και πραγματοποιήθηκαν από τον ερευνητή κατά τη διάρκεια της εργασίας των μαθητών, με επισκέψεις στον σταθμό εργασίας τους. Ο οδηγός των συνεντεύξεων καταρτίστηκε

βασιζόμενος εξ ολοκλήρου στις ερωτήσεις-προτάσεις της ρουμπρίκας αξιολόγησης της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.2). Έτσι, ο οδηγός της συνέντευξης (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.1) περιελάμβανε ερωτήσεις για την έμπνευση που άντλησαν οι μαθητές για το νέο τους έργο, για τα κριτήρια με τα οποία επέλεξαν το συγκεκριμένο τμήμα ενός άλλου έργου για να το προσαρμόσουν στο δικό τους, για τον τρόπο με τον οποίο αξιοποίησαν το ήδη υπάρχον έργο και για την απόδοση ευσήμων στον δημιουργό του αρχικού έργου. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια των συνεντεύξεων έγινε συχνά προσπάθεια εμβάθυνσης στα υπό διερεύνηση ζητήματα με βάση τις απαντήσεις των μαθητών και για τον λόγο αυτό οι συνεντεύξεις που πραγματοποιήθηκαν μπορούν να χαρακτηριστούν ως ημιδομημένες. Τα δεδομένα που προέκυψαν από την ανάλυση του ακουστικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση του επιπέδου επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής μέσα από την αξιοποίηση της ρουμπρίκας που περιγράφεται παρακάτω, δηλαδή μέσα από τον μετασχηματισμό τους σε ποσοτικά δεδομένα.

10.3.2 Ρουμπρίκα αξιολόγησης της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής

Προκειμένου να αξιολογηθεί το επίπεδο επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της ΥΣ της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής αξιοποιήθηκε η αντίστοιχη ρουμπρίκα (βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4.2) που συνοδεύει τον οδηγό δραστηριοτήτων Creative Computing και αποτελείται από 4 προτάσεις-κριτήρια, για τις οποίες έχουν οριστεί 3 επίπεδα επίδοσης. Η πρώτη πρόταση αφορά την περιγραφή από τους μαθητές του τρόπου με τον οποίο βρήκαν έμπνευση για να δημιουργήσουν το δικό τους έργο, μέσα από την περιήγηση σε έργα άλλων δημιουργών και την ανάγνωση των σεναρίων τους. Στη συνέχεια, αξιολογείται ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο επέλεξαν ένα μέρος ενός άλλου έργου και το προσάρμοσαν στο δικό τους έργο, ενώ στην τρίτη πρόταση αξιολογείται ο βαθμός στον οποίο οι μαθητές τροποποίησαν ένα ήδη υπάρχον έργο για να το βελτιώσουν ή να το εμπλουτίσουν. Τέλος, η τέταρτη πρόταση της ρουμπρίκας αφορά τον βαθμό στον οποίο οι μαθητές αναγνωρίζουν ότι η εργασία τους βασίστηκε σε έργο άλλων δημιουργών και για τον λόγο αυτό οφείλουν να αποδώσουν τα εύσημα σ' αυτούς.

Κατά την κωδικοποίηση των απαντήσεων, το χαμηλό επίπεδο έλαβε 1 βαθμό, το μέτριο 2 βαθμούς και το υψηλό 3 βαθμούς και συνεπώς η μέγιστη βαθμολογία της ρουμπρίκας είναι οι 12 βαθμοί και η ελάχιστη οι 3. Δεδομένης της ύπαρξης 4 προτάσεων, η μέση τιμή της μεταβλητής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής βρίσκεται στο εύρος μεταξύ της τιμής 1,

που αντιστοιχεί στο χαμηλό βαθμό επάρκειας της πρακτικής, και την τιμή 3, που αντιστοιχεί στο υψηλό επίπεδο της πρακτικής (εύρος 4–12 βαθμών ή μέσης τιμής 1–3).

10.3.3 Το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch

Το εργαλείο Dr. Scratch χρησιμοποιήθηκε για την αξιολόγηση των έργων των μαθητών που προέκυψαν μετά τη διασκευή των έργων που τους δόθηκαν. Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκε η βαθμολογία κάθε έργου σε κλίμακα από το 0 ως το 21, όπως προέκυψε από το άθροισμα των επιμέρους βαθμολογιών σε 7 κριτήρια-συνιστώσες της ΥΣ (σε κλίμακα από το 0 ως το 3), όπως φαίνεται στον Πίνακα 22. Δεδομένου ότι, σύμφωνα με τους Αργυρίου κ.ά. (2016), τα αποτελέσματα που παράγει το εργαλείο από την ανάλυση των έργων δεν είναι πάντοτε αξιόπιστα, πραγματοποιήθηκε οπτικός έλεγχος και εκτέλεση του κώδικα από τον ερευνητή, προκειμένου να αποφευχθούν φαινόμενα κατά τα οποία η χρήση μεγάλου πλήθους πλακιδίων που δεν παράγουν κάποιο λογικό αποτέλεσμα βαθμολογείται με υψηλή βαθμολογία.

Πίνακας 22. Τα επίπεδο επάρκειας των συνιστωσών της ΥΣ από το Dr. Scratch (Moreno-León, κ.ά., 2015, σ.6)

Συνιστώσα της ΥΣ	Επίπεδο επάρκειας			
	Κατώτατο (0)	Βασικό (1 βαθμός)	Αναπτυσσόμενο (2 βαθμοί)	Άριστο (3 βαθμοί)
1. Αφαίρεση και αποσύνθεση του προβλήματος (abstraction and problem decomposition)	-	Περισσότερα του ενός σενάρια και περισσότερα του ενός αντικείμενα	Ορισμός νέων πλακιδίων (blocks)	Χρήση κλώνων
2. Παραλληλία (parallelism)	-	Έναρξη δύο σεναρίων με το πάτημα της πράσινης σημαίας	Έναρξη δύο σεναρίων με το πάτημα πλήκτρου, έναρξη δύο σεναρίων με το πάτημα του ίδιου αντικειμένου	Έναρξη δύο σεναρίων με «όταν λάβω μήνυμα», δημιουργία κλώνου, έναρξη δύο σεναρίων «όταν %s > %s», έναρξη δύο σεναρίων με «όταν το υπόβαθρο αλλάξει σε»
3. Λογική (logic)	-	«Εάν... τότε»	«Εάν... τότε... αλλιώς»	Λογικές πράξεις

Συνιστώσα της ΥΣ	Επίπεδο επάρκειας			
	Κατώτατο (0)	Βασικό (1 βαθμός)	Αναπτυσσόμενο (2 βαθμοί)	Άριστο (3 βαθμοί)
4. Συγχρονισμός (synchronization)	-	«Περίμενε... δευτερόλεπτα»	«Μετάδωσε μήνυμα», «όταν λάβω μήνυμα», «σταμάτησε όλα», «σταμάτησε αυτό το σενάριο», «σταμάτησε σενάρια σ' αυτό το αντικείμενο»	«Περίμενε ώσπου», «Όταν το υπόβαθρο αλλάξει σε», «Μετάδωσε μήνυμα και περίμενε»
5. Έλεγχος ροής (flow control)	-	Ακολουθία πλακιδίων	«Επανάλαβε», «για πάντα»	«Επανάλαβε ώσπου»
6. Αλληλεπίδραση με τον χρήστη (user interactivity)	-	Πράσινη σημαία	Πάτημα πλήκτρου, πάτημα αντικειμένου, «μετάδωσε μήνυμα και περίμενε», πλακίδια ποντικιού	«Όταν %s > %s», βίντεο, ήχος
7. Αναπαράσταση δεδομένων (data representation)	-	Μεταβολή ιδιοτήτων των αντικειμένων	Λειτουργίες με μεταβλητές	Λειτουργίες με λίστες

10.4 Η διαδικασία της συλλογής των δεδομένων

Για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων μετρήθηκε το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών σε 2 ενότητες της διδακτικής παρέμβασης. Ειδικότερα, οι μαθητές εργάστηκαν χωρισμένοι σε 40 ζεύγη, καθένα από τα οποία ασχολήθηκε με τη διασκευή 2 σεναρίων, ενός στην ενότητα των Ιστοριών και ενός ακόμη στην ενότητα των Παιχνιδιών. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν μόνο στις ενότητες των Ιστοριών και των Παιχνιδιών, καθώς μόνο οι συγκεκριμένες προτείνονται από τους δημιουργούς του οδηγού ως ένα δυνητικά αποτελεσματικό πλαίσιο για την ανάπτυξη της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Η επιλογή των σεναρίων προς διασκευή πραγματοποιήθηκε μετά από επιλογή των μαθητών μεταξύ 2 δυνατών επιλογών για κάθε ενότητα.

Στη διδακτική ενότητα των Ιστοριών, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τις υπολογιστικές έννοιες των συμβάντων και του παραλληλισμού, αλλά και με τις υπολογιστικές πρακτικές της προσάυξης και επανάληψης, της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Μέρος των δραστηριοτήτων της ενότητας της

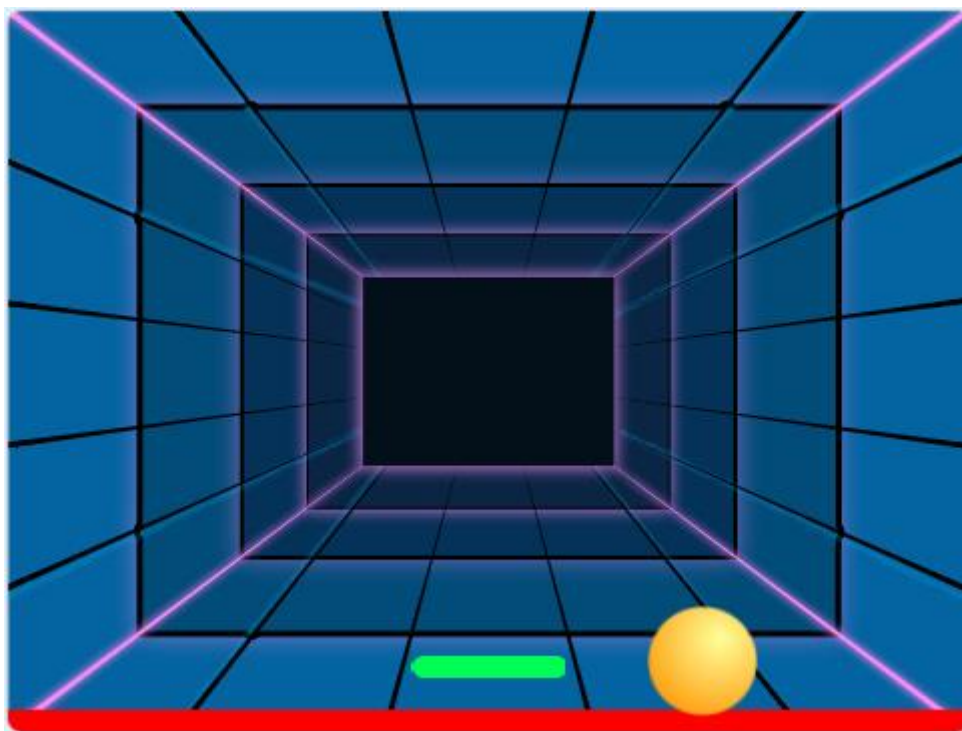
διδασκαλίας παρέμβασης αποτέλεσε μια σύντομη δραστηριότητα, κατά την οποία οι μαθητές συνεργάστηκαν για τη δημιουργία μιας κοινής ζωγραφιάς-χαρακτήρα, με σκοπό την εισαγωγή τους στην υπολογιστική πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Τη δραστηριότητα ακολούθησε συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης για τα χαρακτηριστικά και την αξία της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.

Στην ίδια πρακτική εστίασε και η τελευταία δραστηριότητα της ενότητας, στην οποία οι μαθητές κλήθηκαν να χρησιμοποιήσουν ως βάση ένα υπάρχον έργο και στη συνέχεια να το εμπλουτίσουν. Ειδικότερα, τους δόθηκε ένα έργο (*Κάστρο*) στο οποίο υπήρχαν δύο αντικείμενα, ένας αντρικός και ένας γυναικείος χαρακτήρας, όπως και ένα υπόβαθρο κάστρου. Η ιστορία διέθετε τρία «επεισόδια», σε καθένα από τα οποία υπήρχε ένα βέλος, με το πάτημα του οποίου η ιστορία συνεχιζόταν (βλ. Εικόνα 32). Σύμφωνα με τη ροή της ιστορίας, οι δύο χαρακτήρες μπήκαν στο κάστρο, βρήκαν ένα μπαούλο και το άνοιξαν. Από εκείνο το σημείο και έπειτα, η ιστορία συνεχίστηκε από τους μαθητές και το έργο εμπλουτίστηκε. Η δραστηριότητα διήρκεσε περίπου 2 διδακτικές ώρες.



Εικόνα 32. Τα επεισόδια της ιστορίας προς διασκευή στην ενότητα των *Ιστοριών*

Στην επόμενη ενότητα της διδακτικής παρέμβασης, στην ενότητα των Παιχνιδιών, οι μαθητές προγραμματίσαν ψηφιακά παιχνίδια, κατανοώντας τους μηχανισμούς που διέπουν τη λειτουργία τους. Επιπλέον, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με την υπολογιστική πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Προκειμένου να αξιολογηθεί το επίπεδο επάρκειας αυτής της υπολογιστικής πρακτικής, δόθηκε στους μαθητές έργο-παιχνίδι που είχαν υλοποιήσει σε προηγούμενη συνεδρία (*Ρακέτα* ή *Pong*; βλ. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1.4.2). Το παιχνίδι περιελάμβανε μια ρακέτα και μια μπάλα και ο παίκτης επιδίωκε να μην προσπεράσει η μπάλα τη ρακέτα. Από τα ζεύγη των μαθητών ζητήθηκε να εργαστούν για τον εμπλουτισμό της εμφάνισης και των λειτουργιών του παιχνιδιού (βλ. Εικόνα 33).



Εικόνα 33. Το παιχνίδι της *Ρακέτας* (Pong), το οποίο κλήθηκαν οι μαθητές να αναμείξουν στην ενότητα των *Παιχνιδιών*

Η διδασκαλία ξεκίνησε κάθε φορά με εισαγωγή του ερευνητή για τη δραστηριότητα και στη συνέχεια ζητήθηκε απ' τους μαθητές να επισκεφθούν τη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch, προκειμένου να παρατηρήσουν έργα άλλων δημιουργών και αντλήσουν έμπνευση για τα δικά τους έργα. Στη συνέχεια, ο ερευνητής επισκέφθηκε κάθε ζεύγος μαθητών, προκειμένου να παρατηρήσει τον τρόπο με τον οποίο εργάζονται και να τους απευθύνει τις ερωτήσεις της ημιδομημένης συνέντευξης. Τέλος, έλαβε χώρα συζήτηση στην ολομέλεια της τάξης για τις

αλλαγές στις οποίες προχώρησε κάθε ζεύγος μαθητών, κατά την εξοικείωση με την πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.

10.5 Η διαδικασία της ανάλυσης των δεδομένων

Η συλλογή των δεδομένων κατέληξε σε 80 μετρήσεις του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών, δεδομένου ότι αυτές προήλθαν από το ίδιο δείγμα συμμετεχόντων ($n = 40$ ζεύγη μαθητών) μετρημένο σε δύο διαφορετικά χρονικά σημεία ($2n = 80$ μετρήσεις ή 40 ζεύγη μετρήσεων), μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής ενότητας των Ιστοριών και μετά την ολοκλήρωση της διδακτικής ενότητας των Παιχνιδιών. Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε στατιστικός έλεγχος t δύο ομάδων κατά ζεύγη, για τη διερεύνηση της διαφοράς της μέσης τιμής της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής ανάμεσα στις δύο διδακτικές ενότητες.

Στην περίπτωση των συνιστωσών της ΥΣ, των οποίων οι βαθμολογίες προέκυψαν από το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch, έλαβε χώρα έλεγχος t ενός δείγματος. Ο έλεγχος πραγματοποιήθηκε για τον μέσο όρο της βαθμολογίας καθενός έργου που δημιούργησε καθένα από τα 40 ζεύγη μαθητών στις δύο διδακτικές ενότητες, αλλά και για τον μέσο όρο της βαθμολογίας καθενός έργου στις 7 συνιστώσες της ΥΣ, όπως αυτές αξιολογήθηκαν από το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch. Τις γνωστές μέσες τιμές, με τις οποίες πραγματοποιήθηκε κάθε φορά η σύγκριση, αποτέλεσαν οι τιμές που προέκυψαν από την ανάλυση των αρχικών έργων του Scratch από το εργαλείο Dr. Scratch.

Τόσο στην περίπτωση του ελέγχου t δύο ομάδων κατά ζεύγη όσο και στην περίπτωση του ελέγχου t ενός δείγματος εξασφαλίστηκαν οι προϋποθέσεις για την πραγματοποίηση των ελέγχων (είδη μεταβλητών, συσχετιζόμενες ή μη παρατηρήσεις, κανονικότητα κατανομών και ακραίες τιμές). Ειδικότερα, όσον αφορά την κανονικότητα των κατανομών, εξασφαλίστηκε η κανονικότητα της κατανομής των διαφορών των ζευγών τιμών στην πρώτη περίπτωση και της κατανομής των τιμών κάθε εξαρτημένης μεταβλητής στη δεύτερη περίπτωση. Ο έλεγχος της κανονικότητας πραγματοποιήθηκε τόσο γραφικά, με την εξέταση του αντίστοιχου γραφήματος (Q-Q Plot), όσο και με τον υπολογισμό των τυπικών τιμών για τη συμμετρία (skewness) και την κύρτωση (kurtosis) βάσει των τύπων $Z_{skew} = skew / SE_{skew}$ και $Z_{kurtosis} = kurtosis / SE_{kurtosis}$ αντίστοιχα. Στην τελευταία περίπτωση, οι τυπικές τιμές βρέθηκαν να είναι μικρότερες της απόλυτης τιμής 1.96, όπως είναι ανάγκη για ένα δείγμα μικρότερο των 100 συμμετεχόντων (Kim, 2013).

10.6 Αποτελέσματα

10.6.1 Επίδραση στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής

Ο στατιστικός έλεγχος υποθέσεων t για δύο ταιριασμένα κατά ζεύγη δείγματα που διενεργήθηκε για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς ανάμεσα στη μέση τιμή της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών όπως αυτή μετρήθηκε αρχικά στη διδακτική ενότητα των Ιστοριών και στη συνέχεια στη διδακτική ενότητα των Παιχνιδιών έδειξε ότι οι μαθητές διαθέτουν υψηλότερο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής μετά το τέλος της διδακτικής ενότητας των Παιχνιδιών ($M= 2.03$, $SD= 0.47$) σε σύγκριση με το επίπεδο επάρκειας στο τέλος της διδακτικής ενότητας των Ιστοριών ($M= 1.86$, $SD= 0.43$). Τα δεδομένα αυτά συνοψίζονται στον Πίνακα 23.

Πίνακας 23. Στατιστικά περιγραφικά μέτρα για τη μεταβλητή της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής

Paired Samples Statistics		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Ιστορίες	1.86	40	0.43	0.07
	Παιχνίδια	2.03	40	0.47	0.07

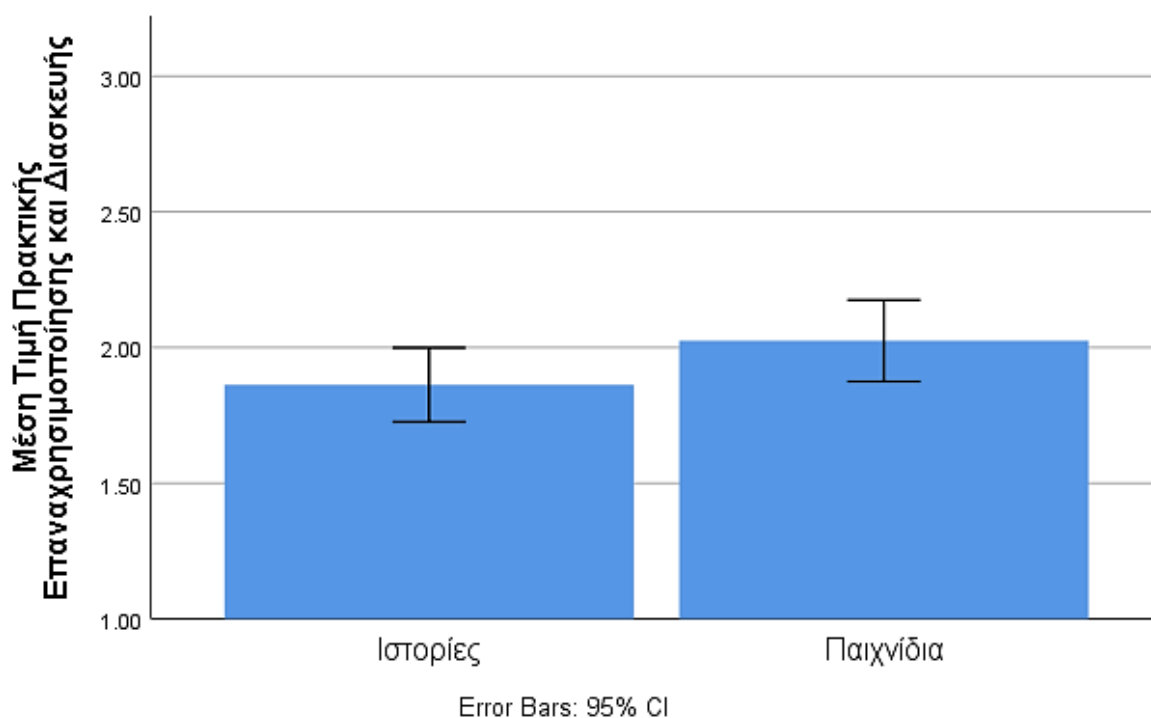
Η μέση τιμή της επάρκειας της δεξιότητας σημείωσε αύξηση σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από το τέλος της διδακτικής ενότητας των Ιστοριών μέχρι το τέλος της διδακτικής ενότητας των Παιχνιδιών κατά 0.16, 95% CI [0.09, 0.23], $t(39)= 4.604$, $p< .001$, $d= .73$, όπως φαίνεται στον Πίνακα 24. Η τιμή του συντελεστή d του Cohen ως δείκτη μέτρησης του μεγέθους επίδρασης της διδακτικής ενότητας των ψηφιακών παιχνιδιών στη μέση τιμή της επάρκειας της δεξιότητας έδειξε ότι η επίδραση ήταν αρκετά μεγάλη.

Πίνακας 24. Αποτελέσματα του t -test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς της μέσης τιμής του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής στις διδακτικές ενότητες

Paired Samples Test		Paired Differences			t
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	
Pair 1	Παιχνίδια -Ιστορίες	.16250	.22325	.03530	4.604*

* $p< 0.01$

Η μεταβολή της μέσης τιμής της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών από το πρώτο σημείο ελέγχου της, όταν διασκεύαζαν το έργο της ενότητας των ψηφιακών ιστοριών, μέχρι το τελικό σημείο ελέγχου, αφού διασκεύαζαν το έργο της ενότητας των ψηφιακών παιχνιδιών, απεικονίζεται στο Γράφημα 6.



Γράφημα 6. Ραβδόγραμμα της μέσης τιμής της μεταβλητής της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής στις διδακτικές ενότητες

10.6.2 Διαφορές των έργων ως προς τις συνιστώσες της ΥΣ

Τα δεδομένα που παρήχθησαν από το διαδικτυακό εργαλείο Dr. Scratch έδειξαν ότι τα νέα έργα, τα οποία οι μαθητές δημιούργησαν διασκευάζοντας το αρχικό έργο που τους δόθηκε, είναι βελτιωμένα ως προς τη συνολική βαθμολογία που συγκεντρώνουν και η οποία αφορά τις συνιστώσες της ΥΣ που αξιολογούνται από το εργαλείο, όπως φαίνεται στον Πίνακα 25.

Ωστόσο, η διενέργεια του στατιστικού ελέγχου t ενός δείγματος έδειξε ότι ο μέσος όρος των βαθμολογιών ($M = 1.60$) που συγκέντρωσαν οι νέες εργασίες της ενότητας της αφήγησης των ψηφιακών ιστοριών (*Κάστρο*) δε διαφέρουν σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από τον μέσο όρο του αρχικού έργου ($M = 1.57$), $t(39) = .857$, $p = .071$. Αντίθετα, η διενέργεια του ίδιου στατιστικού ελέγχου για την εύρεση ενδεχόμενης στατιστικά σημαντικής διαφοράς ανάμεσα στον μέσο όρο του αρχικού ($M = 1.29$) και του διασκευασμένου ($M = 1.35$) έργου στην ενότητα

των ψηφιακών παιχνιδιών (*Ρακέτα*) έδειξε ότι η τιμή του διασκευασμένου έργου ήταν υψηλότερη σε στατιστικά σημαντικό βαθμό, κατά -0.06 , 95% CI $[-0.11, -0.02]$, $t(39) = 2.713$, $p = .010$, $d = .43$.

Πίνακας 25. Μέση τιμή των συνιστωσών της ΥΣ για τα αρχικά και τα διασκευασμένα έργα

Συνιστώσα της ΥΣ	Κάστρο		Ρακέτα	
	Αρχικό έργο	Διασκευασμένο έργο	Αρχικό έργο	Διασκευασμένο έργο
		(N=40)		(N=40)
	Mean	Mean	Mean	Mean
Έλεγχος ροής	1.00	1.28	2.00	2.00
Αναπαράσταση δεδομένων	1.00	1.00	1.00	1.35
Αφαίρεση	1.00	1.00	1.00	1.08
Αλληλεπίδραση χρήστη	2.00	1.98	1.00	1.10
Συγχρονισμός	3.00	3.00	2.00	1.85
Παραλληλία	3.00	2.93	1.00	1.08
Λογική	0.00	0.05	1.00	1.03
Total Mean	1.57	1.60	1.29	1.35

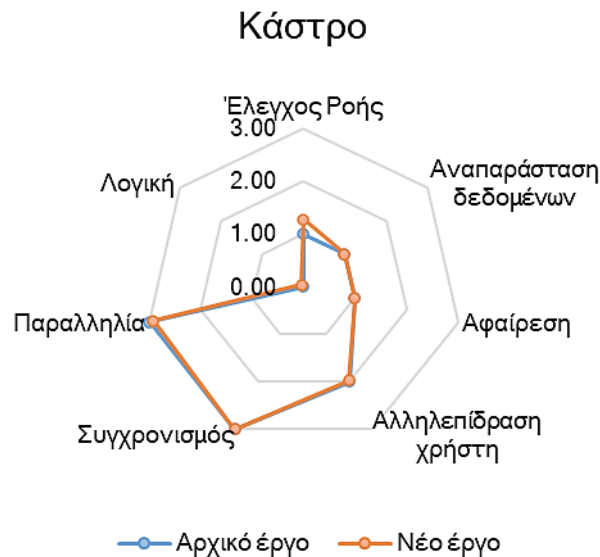
Η διενέργεια του στατιστικού ελέγχου t ενός δείγματος για τη διερεύνηση ενδεχόμενων στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στη μέση τιμή των συνιστωσών της ΥΣ του αρχικού και του διασκευασμένου έργου, έδειξε ότι στην περίπτωση του Κάστρου η μοναδική στατιστικά σημαντική διαφορά σημειώθηκε στη συνιστώσα του ελέγχου της ροής. Ειδικότερα, όπως φαίνεται στον Πίνακα 26, η μέση τιμή του ελέγχου της ροής του διασκευασμένου έργου ($M = 1.28$) ήταν υψηλότερη από τη μέση τιμή της ίδιας μεταβλητής του αρχικού έργου ($M = 1.00$), μια στατιστικά σημαντική διαφορά της τάξης του -0.28 , 95% CI $[-0.44, -0.11]$, $t(39) = 3.439$, $p = .001$, $d = .54$.

Πίνακας 26. Αποτελέσματα του t-test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς της μέσης τιμής της μεταβλητής του ελέγχου ροής ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των *Ιστοριών*

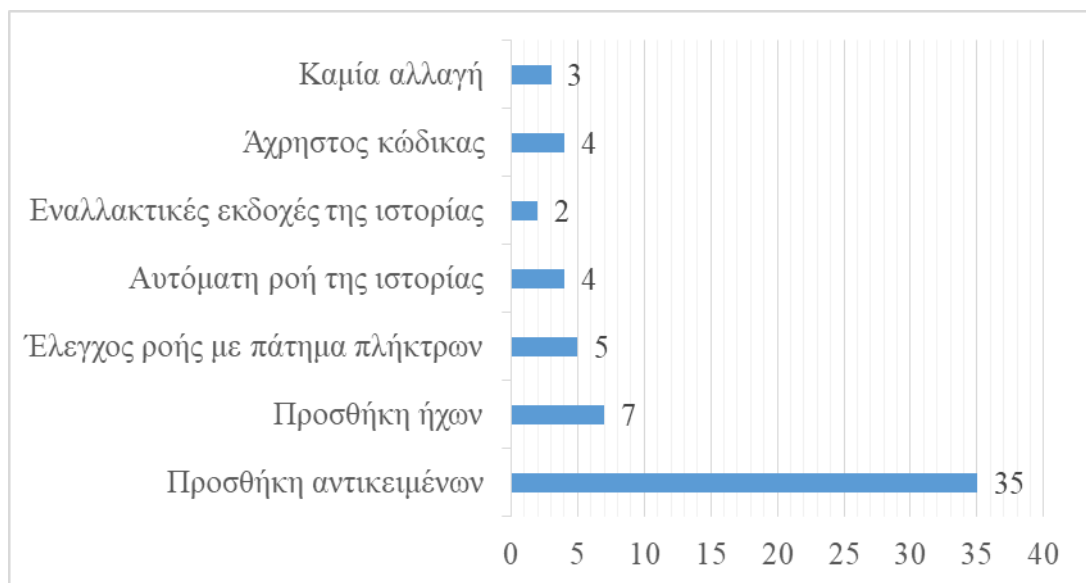
One-Sample Test

	t	df	Sig. (2-tailed)	Test Value = 1		
				Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
				Difference	Lower	Upper
Έλεγχος ροής	3.439	39	.001	.27500	.1133	.4367

Σε καμία άλλη από τις μεταβλητές των οποίων εξήχθη η μέση τιμή δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των ψηφιακών ιστοριών. Ειδικότερα, η μέση τιμή για την αναπαράσταση των δεδομένων ($M = 1.00$), την αφαίρεση ($M = 1.00$) και τον συγχρονισμό ($M = 3.00$) παρέμεινε η ίδια στο διασκευασμένο έργο για όλους τους μαθητές, με αποτέλεσμα η τυπική απόκλιση να ισούται με 0 για τις μεταβλητές αυτές ($SD = 0.00$) και επομένως να μην μπορεί να υπολογιστεί η τιμή του κριτηρίου t για τη σύγκριση των μέσων τιμών. Η μέση τιμή της μεταβλητής της αλληλεπίδρασης του χρήστη δε μεταβλήθηκε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από το αρχικό ($M = 2.00$) ως το διασκευασμένο έργο ($M = 1.98$), $t(39) = -1.000$, $p = .323$, σημειώνοντας χαμηλότερη μέση τιμή. Χαμηλότερη μέση τιμή σημειώθηκε και για τη μεταβλητή της παραλληλίας από το αρχικό ($M = 3.00$) ως το διασκευασμένο έργο ($M = 2.93$) και η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική, $t(39) = -1.000$, $p = .323$. Τέλος, η μεταβλητή της λογικής σημείωσε υψηλότερη μέση τιμή στο τελικό έργο ($M = 0.05$) σε σχέση με το αρχικό ($M = 0.00$), χωρίς επίσης η διαφορά να είναι στατιστικά σημαντική, $t(39) = -1.000$, $p = .323$. Οι τιμές κάθε μεταβλητής για το αρχικό και το διασκευασμένο έργο των ψηφιακών ιστοριών συνοψίζονται στο Γράφημα 7.



Γράφημα 7. Διάγραμμα ραντάρ (αράχνης) για την απεικόνιση της μέσης τιμής των συνιστωσών της ΥΣ στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των *Ιστοριών*



Γράφημα 8. Ραβδόγραμμα συχνοτήτων των επικρατέστερων αλλαγών στα έργα της ενότητας των *Ιστοριών*

Μετά την οπτική αξιολόγηση του κώδικα κάθε έργου και την εκτέλεσή του, προέκυψαν, ακόμα, παρατηρήσεις για τις επικρατέστερες αλλαγές εντός του κώδικα των έργων, οι οποίες συνοψίζονται στο Γράφημα 8. Παρατηρήθηκε, λοιπόν, ότι στην πλειονότητα των έργων οι μαθητές πρόσθεσαν αντικείμενα-χαρακτήρες (35 από τα 40 έργα ή 87.5%), πρόσθεσαν ήχους (7 από τα 40 έργα ή 17.5%), διαφοροποίησαν τη ροή της ιστορίας είτε προωθώντας τη με το πάτημα πλήκτρων του πληκτρολογίου (5 από τα 40 έργα ή 12.5%) είτε

καθορίζοντας την ροή της με χρήση διαστημάτων χρόνου (4 από τα 40 έργα ή 10%), ενώ σε κάποια έργα υπήρξαν εναλλακτικές εκδοχές της ιστορίας, ανάλογα με την επιλογή του χρήστη (2 από τα 40 έργα ή 5%). Τέλος, σε κάποια έργα παρατηρήθηκαν τμήματα κώδικα που δεν επιτελούσαν καμία λειτουργία (dead code· 4 από τα 40 έργα ή 10%), ενώ σε 2 από τα 40 έργα οι μαθητές δεν πραγματοποίησαν καμία αλλαγή (5%).

Στην περίπτωση της Ρακέτας, του παιχνιδιού του οποίου διασκεύασαν οι μαθητές στη διδακτική ενότητα των Παιχνιδιών, η διενέργεια του στατιστικού ελέγχου t ενός δείγματος για τη διερεύνηση ενδεχόμενων στατιστικά σημαντικών διαφορών ανάμεσα στη μέση τιμή των συνιστωσών της ΥΣ του αρχικού και των διασκευασμένων έργων έδειξε ότι στατιστικά σημαντικές διαφορές εντοπίζονται στις μεταβλητές της αναπαράστασης των δεδομένων και της αλληλεπίδρασης του χρήστη. Η μέση τιμή της μεταβλητής της αναπαράστασης των δεδομένων του διασκευασμένου έργου ($M= 1.35$) ήταν υψηλότερη από τη μέση τιμή της ίδιας μεταβλητής του αρχικού έργου ($M= 1.00$), μια στατιστικά σημαντική διαφορά της τάξης του -0.35 , 95% CI $[-0.51, -0.20]$, $t(39)= 4.583$, $p< .001$, $d= .73$. Η μεταβλητή της αλληλεπίδρασης του χρήστη, επίσης, σημείωσε υψηλότερη μέση τιμή στο διασκευασμένο έργο ($M = 1.10$) συγκρινόμενο με το αρχικό έργο ($M= 1.00$), μια στατιστικά σημαντική διαφορά της τάξης του -0.10 , 95% CI $[-0.20, -0.00]$, $t(39)= 2.082$, $p= .044$, $d= .33$. Οι στατιστικά σημαντικές διαφορές της μέσης τιμής για τις μεταβλητές αυτές φαίνονται στους Πίνακες 27 και 28.

Πίνακας 27. Αποτελέσματα του t -test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς της μέσης τιμής της μεταβλητής της αναπαράστασης των δεδομένων ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των Παιχνιδιών

One-Sample Test

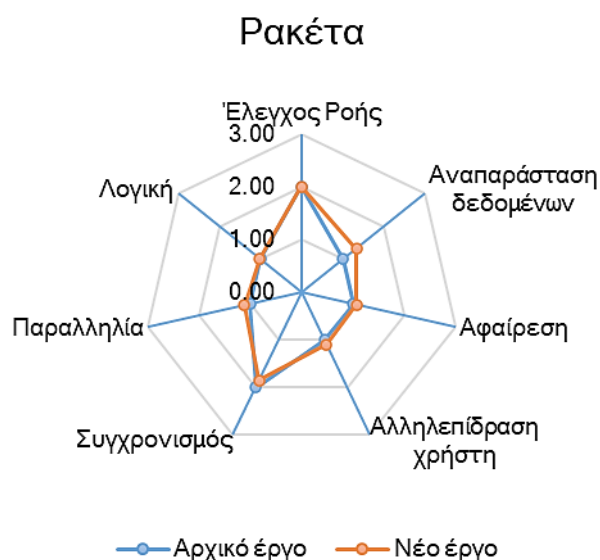
	t	df	Sig. (2-tailed)	Test Value = 1		
				Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Αναπαράσταση δεδομένων	4.583	39	.000	.35000	.1955	.5045

Πίνακας 28. Αποτελέσματα του t-test για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς της μέσης τιμής της μεταβλητής της αλληλεπίδρασης χρήστη ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των *Παιχνιδιών*

One-Sample Test

	t	df	Sig. (2-tailed)	Test Value = 1		
				Mean	95% Confidence Interval of the Difference	
				Difference	Lower	Upper
Αλληλεπίδραση χρήστη	2.082	39	.044	.10000	.0028	.1972

Η μέση τιμή των υπόλοιπων μεταβλητών για τις οποίες εξήχθη η μέση τιμή δε διαφοροποιήθηκε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των Παιχνιδιών. Πιο συγκεκριμένα, η μέση τιμή της μεταβλητής του ελέγχου της ροής παρέμεινε η ίδια και στα δύο έργα ($M= 2.00$) για όλους τους μαθητές, με αποτέλεσμα η τυπική απόκλιση να ισούται με 0 ($SD= 0.00$) και επομένως να μην μπορεί να υπολογιστεί η τιμή του κριτηρίου t για τη σύγκριση των μέσων τιμών. Η μέση τιμή της μεταβλητής της αφαίρεσης βρέθηκε υψηλότερη στο τελικό έργο ($M= 1.08$) συγκρινόμενη με το αρχικό έργο ($M= 1.00$), αλλά η διαφορά δεν ήταν στατιστικά σημαντική, $t(39)= 1.356$, $p= .183$. Αυξημένη ήταν στο τελικό έργο και η μέση τιμή της μεταβλητής της παραλληλίας ($M= 1.08$) σε σύγκριση με το αρχικό έργο ($M= 1.00$), χωρίς η διαφορά να είναι στατιστικά σημαντική, $t(39)= 1.000$, $p= .323$. Η μέση τιμή της μεταβλητής της λογικής αυξήθηκε, επίσης, στο διασκευασμένο έργο από $M= 1.00$ σε $M= 1.03$, όχι όμως σε στατιστικά σημαντικό βαθμό, $t(39)= 1.000$, $p= .323$. Τέλος, χαμηλότερη μέση τιμή σημειώθηκε για τη μεταβλητή του συγχρονισμού από το αρχικό ($M= 2.00$) ως το διασκευασμένο έργο ($M= 1.85$), αλλά η διαφορά της μέσης τιμής δεν ήταν στατιστικά σημαντική, $t(39)= -1.637$, $p= .110$. Οι τιμές κάθε μεταβλητής για το αρχικό και το διασκευασμένο έργο των ψηφιακών ιστοριών φαίνονται στο Γράφημα 9.



Γράφημα 9. Διάγραμμα ραντάρ (αράχνης) για την απεικόνιση της μέσης τιμής των συνιστωσών της ΥΣ στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των *Παιχνιδιών* (Ρακέτα)



Γράφημα 10. Ραβδόγραμμα συχνοτήτων των επικρατέστερων αλλαγών στα έργα της ενότητας των *Παιχνιδιών*

Η εκτέλεση των διασκευασμένων παιχνιδιών για την εύρεση των χαρακτηριστικών που διαθέτουν έδειξε ότι οι περισσότερες αλλαγές αφορούσαν την προσθήκη αντικειμένων (14 από τα 40 έργα ή 35%) και ήχων (13 από τα 40 ή 32.5%), όπως φαίνεται στο Γράφημα 11. Χαρακτηριστικά παραδείγματα αποτέλεσαν οι προσθήκες νέων ρακετών ή περισσότερων μπαλών και οι ήχοι σε κάθε χτύπημα της μπάλας στη ρακέτα ή όταν ο παίχτης έχανε. Σε 9 από τα 40 παιχνίδια (22.5%) οι μαθητές πρόσθεσαν μεταβλητές/ λίστες, που αφορούσαν τη

διάρκεια του παιχνιδιού μέχρι να χάσει ο παίκτης, ή το μέτρημα των χτυπημάτων στη ρακέτα ή τις «ζωές» που είχε στη διάθεσή του ο παίκτης. Σε 6 από τα 40 παιχνίδια (15%) το τέλος του παιχνιδιού συνοδεύτηκε από αντίστοιχο μήνυμα («τέλος παιχνιδιού» ή “Game over”), ενώ σε 5 παιχνίδια (12.5%) οι μαθητές άλλαξαν τον τρόπο κίνησης της ρακέτας, προσθέτοντας εντολές με τις οποίες τη ρακέτα κινούσαν τα βέλη του πληκτρολογίου. Τέλος, σε κάποια έργα παρατηρήθηκαν τμήματα κώδικα που δεν επιτελούσαν καμία λειτουργία (dead code· 6 από τα 40 έργα ή 15%), ενώ σε 5 από τα 40 έργα οι μαθητές δεν πραγματοποίησαν καμία αλλαγή (12.5%).

10.7 Συζήτηση

Το νέο πλαίσιο στο οποίο προτείνεται να ενταχθεί η ΥΣ, εκείνο της υπολογιστικής συμμετοχικότητας, προβλέπει τη διεύρυνση της έννοιας μέσω τριών διαδρομών. Η τρίτη απ’ αυτές αφορά την παρέμβαση των προγραμματιστών στα έργα άλλων μελών της κοινότητας, τροποποιώντας ή εμπλουτίζοντάς τα, εδραιώνοντας ταυτόχρονα έναν λιγότερο ατομικιστικό και περισσότερο κοινωνικό χαρακτήρα της ΥΣ. Στο παρόν κεφάλαιο διερευνήθηκε η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στο επίπεδο επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής, αλλά και η διαφορά των νέων, διασκευασμένων έργων των μαθητών σε σύγκριση με τα αρχικώς δοθέντα σ’ αυτούς έργα ως προς τις συνιστώσες της ΥΣ που ενσωματώνουν.

Τα αποτελέσματα της έρευνας έδειξαν ότι οι μαθητές σημείωσαν χαμηλό επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής στην ενότητα των Ιστοριών, ενώ μέτριο επίπεδο επάρκειας στην ενότητα των Παιχνιδιών. Ο στατιστικός έλεγχος που πραγματοποιήθηκε για τη διερεύνηση ενδεχόμενης διαφοράς ανάμεσα στη μέση τιμή των δύο διδακτικών ενοτήτων έδειξε ότι υφίσταται στατιστικά σημαντική διαφορά των μέσων τιμών, ενώ και το μέγεθος της επίδρασης, όπως μετρήθηκε με την τιμή του συντελεστή d του Cohen, ήταν αρκετά μεγάλο. Από τα παραπάνω μπορεί να συναχθεί ότι στο πλαίσιο μιας διδακτικής παρέμβασης με τη συγκεκριμένη ακολουθία θεματικών ενοτήτων η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες ψηφιακών παιχνιδιών μπορεί να οδηγήσει σε ανάπτυξη του επιπέδου επάρκειας της πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.

Τα διασκευασμένα έργα των μαθητών παρουσίασαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις βαθμολογίες τους σε συνιστώσες της ΥΣ σε σύγκριση με τα αρχικά έργα που τους δόθηκαν. Ειδικότερα, τα διασκευασμένα έργα στην ενότητα των Ιστοριών παρουσιάστηκαν

βελτιωμένα ως προς τη συνιστώσα της ΥΣ του ελέγχου της ροής, που σχετίζεται με τις οδηγίες που δίνονται στα αντικείμενα του κώδικα για τον έλεγχο της συμπεριφοράς τους με ορισμό, για παράδειγμα, εντολών που επαναλαμβάνονται για έναν συγκεκριμένο αριθμό επαναλήψεων ή μέχρι μια συνθήκη να εκπληρωθεί. Η εκτέλεση των προγραμμάτων έδειξε ότι οι μαθητές έλεγξαν τη ροή της ιστορίας προσθέτοντας εναλλακτικές εκδοχές τις οποίες επέλεγε ο χρήστης ή δίνοντας τη δυνατότητα προώθησης της πλοκής με πάτημα πλήκτρων ή ακολουθίες εντολών. Οι περισσότερες αλλαγές, ωστόσο, αφορούσαν την προσθήκη αντικειμένων και πολυμέσων, ήχων ή σκηνικών.

Στη διδακτική ενότητα των Παιχνιδιών οι μαθητές τροποποίησαν τα έργα τους σε στατιστικά σημαντικό βαθμό ως προς τις συνιστώσες της αναπαράστασης των δεδομένων και της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη. Ειδικότερα, το μέγεθος επίδρασης στην περίπτωση της αναπαράστασης των δεδομένων ήταν αρκετά μεγάλο, καθώς, όπως φάνηκε από την εκτέλεση των παιχνιδιών, οι μαθητές πρόσθεσαν στα παιχνίδια τους μεταβλητές και λίστες που σχετίζονταν με το αποτέλεσμα του παιχνιδιού και τις ζωές που κάθε φορά απέμεναν στον παίχτη. Η στατιστικά σημαντική διαφορά ανάμεσα στο αρχικό και το διασκευασμένο έργο αναφορικά με τη συνιστώσα της αλληλεπίδρασης με τον χρήστη αφορά τις ενέργειες του χρήστη με τις οποίες μπορεί να προκαλεί νέες καταστάσεις στο πρόγραμμα, όπως το πάτημα πλήκτρων για την κίνηση ενός αντικειμένου. Οι μαθητές σε αρκετές περιπτώσεις τροποποίησαν τον τρόπο κίνησης της ρακέτας, ο οποίος ήταν αρχικά προγραμματισμένος με την κίνηση του ποντικιού σε κίνηση με πάτημα πλήκτρων του πληκτρολογίου (βέλη). Τέλος, όπως και στην περίπτωση των Ιστοριών, οι αλλαγές των μαθητών επικεντρώθηκαν στην προσθήκη αντικειμένων και ήχων. Συνολικά, ακόμα, το διασκευασμένο έργο στην ενότητα των Παιχνιδιών ήταν βελτιωμένο σε στατιστικά σημαντικό βαθμό σε σύγκριση με το αρχικό έργο που δόθηκε στους μαθητές.

Το γεγονός ότι οι μαθητές του δείγματος εμπνεύστηκαν από έργα που εντόπισαν στη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch, όπως φάνηκε από την αξιοποίηση ιδεών που εντόπισαν εκεί, βρίσκεται σε συμφωνία με τα ευρήματα της Bruckman (1998), σύμφωνα με την οποία η κοινότητα μπορεί να παρέχει όχι μόνο ένα ευχάριστο κοινό για την παρουσίαση ολοκληρωμένων εργασιών, αλλά και ουσιαστική υποστήριξη στις μαθησιακές εμπειρίες των μαθητών. Επιπλέον, το γεγονός ότι τα διασκευασμένα έργα στην ενότητα των παιχνιδιών ήταν βελτιωμένα ως προς τη συνολική τους βαθμολογία δείχνει ότι οι κοινότητες μπορούν να παρέχουν ένα είδος άτυπης καθοδήγησης των αρχαρίων από τους περισσότερο έμπειρους, όπως είχε επισημάνει ο Jenkins (2009). Όσον αφορά τις αντικρουόμενες απόψεις της

επιστημονικής κοινότητας σχετικά με τα μαθησιακά οφέλη από τις διαδικασίες της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής, φαίνεται πως το παρόν τμήμα της έρευνας υποστηρίζει τη θέση των επιστημόνων εκείνων, σύμφωνα με τους οποίους η έκθεση των χρηστών σε υλικό που έχει δημιουργηθεί από άλλους δημιουργούς, οι οποίοι διαθέτουν διαφορετικές δεξιότητες, γνώσεις και εμπειρίες, μπορεί να προωθεί τη σχετική με την Επιστήμη των Υπολογιστών μάθηση (Dasgupta κ.ά., 2016· Fields κ.ά., 2017· Xing, 2021). Συνεισφορά του παρόντος τμήματος της έρευνας, επομένως, αποτελεί το γεγονός ότι εστίασε σε διαδικασίες διασκευής έργων από μαθητές, δεδομένου ότι δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς ο βαθμός στον οποίο μπορεί να επιδράσει στη βελτίωση των συνιστωσών της ΥΣ.

11. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

11.1 Σύνοψη-Συμπεράσματα

Τα ερευνητικά ερωτήματα που διερευνήθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής εντάσσονται στην ερευνητική περιοχή των ΤΠΕ στην εκπαίδευση και της Διδακτικής της Πληροφορικής, αλλά ειδικότερα της ΥΣ στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, καθώς η διατριβή επιδιώκει να συνεισφέρει στην έρευνα για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ μαθητών του Δημοτικού σχολείου. Στο πλαίσιο αυτό, διερευνήθηκε η επίδραση δραστηριοτήτων προγραμματισμού στην αυτοαντίληψη των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων και σε πρακτικές της ΥΣ των μαθητών ΣΤ' τάξης Δημοτικού σχολείου του ερευνητικού δείγματος.

Ο στόχος της διατριβής, ειδικότερα, ήταν η διερεύνηση της επίδρασης μιας διδακτικής παρέμβασης που απαρτίστηκε από μια συγκεκριμένη ακολουθία διδακτικών ενοτήτων στην αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων και σε δύο πρακτικές της ΥΣ, της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Οι 103 μαθητές της ΣΤ' τάξης που έλαβαν μέρος στην έρευνα εργάστηκαν σε ζεύγη σε όλη την πορεία της διάρκειας περίπου 28 ωρών διδακτικής παρέμβασης, στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Scratch κατά το διδακτικό έτος 2018–2019.

Σύμφωνα με τη βιβλιογραφική επισκόπηση, η επιστημονική έρευνα δεν έχει διερευνήσει επαρκώς την αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων, αλλά έχει κυρίως εστιάσει στην αξιολόγηση των πραγματικών τους δεξιοτήτων (Falloon, 2016· Fessakis κ.ά., 2013· Lye & Koh, 2014· Pardamean κ.ά., 2015). Οι πρακτικές που διερευνήθηκαν φαίνεται, επίσης, ότι έχουν λάβει μικρό μερίδιο του ενδιαφέροντος των ερευνητών, καθώς δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς η πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης στο πλαίσιο της ΥΣ (Liu κ.ά., 2017· Lye & Koh, 2014· Michaeli & Romeike, 2019), ενώ σχεδόν απουσιάζουν έρευνες που αφορούν την πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής στο ίδιο πλαίσιο, αλλά αντίθετα αφορούν μόνο την πρόσβαση προγραμματιστών σε έργα άλλων μελών της κοινότητας και την αξιοποίησή τους (Dasgupta κ.ά., 2016· Fields κ.ά., 2017· Xing, 2021).

Επιπλέον, ιδιαίτερη συμβολή της διατριβής υπήρξε η διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στις πρακτικές της ΥΣ υπό το πρίσμα της κοινωνικής διάστασης της τελευταίας (Brennan & Resnick, 2012· Kafai, 2016), δεδομένου ότι η επιστημονική έρευνα έχει εστιάσει στις υπολογιστικές αυτές πρακτικές ως «μοναχικές» δραστηριότητες (Fitzgerald κ.ά., 2008· Proctor, 2019). Επιπλέον, η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε πραγματικές συνθήκες

λειτουργίας Δημοτικού σχολείου της δημόσιας εκπαίδευσης στην Ελλάδα και αξιολόγησε την πρόοδο των μαθητών στην ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ, καθώς έχει επισημανθεί η ανάγκη για μοντέλα παρακολούθησης της προόδου των μαθητών κατά τη διαδικασία ανάπτυξης της ΥΣ (Denning, 2017· Tedre & Denning, 2016). Για τη συνεισφορά στο συγκεκριμένο κενό που παρατηρείται στην επιστημονική έρευνα της ΥΣ, η έρευνα που πραγματοποιήθηκε αξιοποίησε επαναλαμβανόμενες μετρήσεις του επιπέδου επάρκειας των υπολογιστικών πρακτικών σε χρονικά σημεία που αντιστοιχούσαν στην ολοκλήρωση θεματικών ενοτήτων της διδακτικής παρέμβασης (Εξερεύνηση, Κινούμενα σχέδια, Ιστορίες, Παιχνίδια).

Οι επαναλαμβανόμενες μετρήσεις αποτέλεσαν τμήμα του σχεδιασμού μικτών μεθόδων (Creswell & Plano Clark, 2007· Tashakkori & Creswell, 2007) που υιοθετήθηκε για τη διερεύνηση των ερευνητικών ερωτημάτων και περιελάμβανε την ταυτόχρονη συλλογή και ανάλυση ποσοτικών και ποιοτικών δεδομένων. Ωστόσο, τα ποσοτικά δεδομένα κατείχαν τον πρωτεύοντα ρόλο και υποστηρίχτηκαν από τα ποιοτικά, για την προσέγγιση διαφορετικών όψεων των υπό μελέτη φαινομένων και την πληρέστερη διερεύνησή τους. Στην περίπτωση της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης τα ποσοτικά δεδομένα αφορούσαν το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής, ενώ τα ποιοτικά παρείχαν πληροφορίες για τις στρατηγικές των μαθητών κατά την εκσφαλμάτωση. Στην έρευνα για την επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στην πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής τα ποιοτικά δεδομένα ποσοτικοποιήθηκαν με χρήση ρουμπρίκας αξιολόγησης και συνδυάστηκαν με ποσοτικά δεδομένα, για την περιγραφή διαφορετικών πτυχών της πρακτικής.

Η ανάλυση των δεδομένων οδήγησε στην εξαγωγή τόσο ειδικών συμπερασμάτων, τα οποία αντιστοιχούν στα ερευνητικά ερωτήματα της έρευνας και παρουσιάζονται στα επόμενα υποκεφάλαια, όσο και ορισμένων γενικών. Όσον αφορά τα τελευταία, λοιπόν, φαίνεται πως η έρευνα που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της παρούσας διατριβής ενισχύει, συνολικά, την υπόθεση των τελευταίων ετών για τη σύνδεση του προγραμματισμού και της ΥΣ και συγκεκριμένα για τη θετική επίδραση των δραστηριοτήτων προγραμματισμού στην ανάπτυξη των συνιστωσών της (Flórez κ.ά., 2017· Kalelioğlu κ.ά., 2016· Lockwood & Mooney, 2018a· Moreno-León κ.ά., 2018). Επιπλέον, φαίνεται πως ενισχύεται η υπόθεση για την αξιοποίηση των περιβαλλόντων οπτικού προγραμματισμού και ειδικότερα των περιβαλλόντων που βασίζονται σε πλακίδια ως αποτελεσματικών σύγχρονων εργαλείων για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ (Brown κ.ά., 2015· Burke & Kafai, 2012· Dasgupta κ.ά., 2016· Falloon, 2016· Fraser, 2015· Grover κ.ά. 2015, 2016· Moreno-León κ.ά., 2018· Pokress & Veiga, 2013·

Price & Barnes, 2015). Ανάμεσα στα συμπεράσματα της έρευνας συγκαταλέγεται και η ενίσχυση της υπόθεσης για την ικανότητα των παιδιών Δημοτικού σχολείου να αναπτύξουν πρακτικές της ΥΣ, καθώς αρκετές έρευνες στο πλαίσιο της ανάπτυξης της ΥΣ έχουν πραγματοποιηθεί με μαθητές μικρότερης, αλλά και μεγαλύτερης ηλικίας.

Ακόμα, αν και η διερεύνηση ενδεχόμενων διαφορών στην ανάπτυξη των υπολογιστικών πρακτικών όταν οι μαθητές προγραμματίζουν σε ζεύγη και όταν προγραμματίζουν κατά μόνας δεν αποτέλεσε αντικείμενο της παρούσας διατριβής, φαίνεται πως η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες προγραμματισμού σε ζεύγη μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της αυτοαντίληψής τους για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων και σε βελτίωση του επιπέδου επάρκειας πρακτικών της ΥΣ. Η έρευνα των Denner κ.ά. (2014) είχε δείξει πως οι λιγότερο έμπειροι με τον προγραμματισμό μπορούν να επωφελούνται από την εργασία σε ζεύγη και κυρίως από την εργασία με έναν περισσότερο έμπειρο συνεργάτη.

Δεν αποτέλεσε, επίσης, αντικείμενο της παρούσας διατριβής η διερεύνηση διαφορών στην ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ όταν γίνεται ρητή διδασκαλία τους (π.χ. στρατηγικών εκσφαλμάτωσης) και όταν αυτές αναπτύσσονται με φυσικό τρόπο, μέσα από τη συνεργασία των ζευγών μαθητών και την απόκτηση εμπειριών προγραμματισμού. Ωστόσο, στην παρούσα διατριβή φάνηκε ότι με τον δεύτερο τρόπο είναι δυνατό οι μαθητές να βελτιώσουν το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής. Το συμπέρασμα αυτό έρχεται σε συμφωνία με τα ευρήματα άλλων ερευνητών αναφορικά με την ανάπτυξη της πρακτικής της εκσφαλμάτωσης (Chmiel & Loui, 2004· McCauley κ.ά., 2008· Robertson κ.ά., 2004· Wilson, 1987).

Τέλος, δεδομένης της επίδρασης της διασκευής ψηφιακών ιστοριών και ψηφιακών ιστοριών σε διαφορετικές υπολογιστικές έννοιες, η έγχυση χαρακτηριστικών του ενός είδους δραστηριοτήτων στο άλλο, ενδεχομένως μπορεί να προσφέρει ένα νέο, περισσότερο αποτελεσματικό πλαίσιο για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ.

11.1.1 Η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση

Όπως έδειξαν τα αποτελέσματα της έρευνας, η ακολουθία διδακτικών ενοτήτων που πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της διδακτικής παρέμβασης αποτελεί ένα δυνητικά αποτελεσματικό πλαίσιο για την ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ. Ειδικότερα, όπως

περιγράφεται πιο αναλυτικά στις επόμενες ενότητες, η διδακτική παρέμβαση μπορεί να οδηγήσει σε θετικότερη αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων, αλλά και σε βελτίωση της επάρκειας των υπολογιστικών πρακτικών της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης και της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής.

Οι δραστηριότητες στις οποίες συμμετείχαν οι μαθητές αποτελούν μέρος των προτεινόμενων δραστηριοτήτων του οδηγού Creative Computing (Brennan κ.ά., 2014), που συνοδεύει το λογισμικό Scratch. Ενθαρρύνοντας την ανάπτυξη εννοιών, πρακτικών και στάσεων της ΥΣ, στοχεύουν στην απομάκρυνση των μαθητών από τον ρόλο του καταναλωτή κατά την πρόσβαση στον υπολογιστή, αλλά στην ανάληψη του ρόλου του δημιουργού υπολογιστικών τεχνουργημάτων. Απώτερος στόχος είναι η ανάπτυξη των μαθητών ως υπολογιστικών στοχαστών, που θα αξιοποιούν τις υπολογιστικές έννοιες, πρακτικές και στάσεις σε όλες τις πτυχές της ζωής τους, σε όλους τους κλάδους και τα πλαίσια. Πρόκειται για έναν ρόλο που θεωρείται σημαντικότερος από τον ρόλο του επιστήμονα της Επιστήμης των Υπολογιστών.

Ανάμεσα στις βασικές αρχές που εφαρμόζονται στη διάρκεια των δραστηριοτήτων είναι η παροχή ευκαιριών στους μαθητές να εμπλακούν στον σχεδιασμό και τη δημιουργία υπολογιστικών τεχνουργημάτων, στο πλαίσιο δραστηριοτήτων που σχετίζονται με τα ενδιαφέροντά τους και έχουν νόημα για τους ίδιους. Ενθαρρύνεται, έτσι, η εξατομίκευση, αλλά και η συνεργασία ανάμεσα στους μαθητές και όχι μόνο στην ακρόαση, την παρατήρηση και τη χρήση. Τέλος, ενθαρρύνεται ο αναστοχασμός των αρχάριων προγραμματιστών, τόσο με γραπτό τρόπο όσο και με προφορικό στην ολομέλεια της τάξης, σχετικά με τις στρατηγικές που εφάρμοσαν για την επίλυση των δραστηριοτήτων.

Αναφορικά με τις δραστηριότητες, αυτές είναι οργανωμένες σε θεματικές ενότητες, η πρώτη από τις οποίες (Εισαγωγή) είναι εισαγωγική και η δεύτερη (Εξερεύνηση) αξιοποιεί όσα κατακτήθηκαν στην εισαγωγή για την τη δημιουργία του πρώτου έργου των μαθητών. Η επόμενη ενότητα έχει ως θέμα τα κινούμενα σχέδια (Κινούμενα Σχέδια), ακολουθεί η ενότητα που εστιάζει στην ψηφιακή αφήγηση ιστοριών (Ιστορίες) και τέλος η ενότητα που εστιάζει στα ψηφιακά παιχνίδια (Παιχνίδια). Σε κάθε ενότητα, οι μαθητές υλοποιούν περίπου έξι δραστηριότητες, εργαζόμενοι σε ζεύγη. Οι έννοιες και οι πρακτικές της ΥΣ που αναπτύσσονται σε κάθε ενότητα παρουσιάζονται στον Πίνακα 29.

Πίνακας 29. Έννοιες και πρακτικές της ΥΣ ανά ενότητα της διδακτικής παρέμβασης που υλοποιήθηκε

Ενότητα	Διδακτικές ώρες	Έννοιες της ΥΣ	Πρακτικές της ΥΣ
Εισαγωγή	3		
Εξερεύνηση	5	ακολουθία	προσαύξηση και επανάληψη δοκιμή και εκσφαλμάτωση
Κινούμενα Σχέδια	6	βρόχοι συμβάντα παραλληλία	δοκιμή και εκσφαλμάτωση επαναχρησιμοποίηση και διασκευή
Ιστορίες	7	συμβάντα παραλληλία	προσαύξηση και επανάληψη δοκιμή και εκσφαλμάτωση επαναχρησιμοποίηση και διασκευή
Παιχνίδια	7	συνθήκες τελεστές δεδομένα	προσαύξηση και επανάληψη δοκιμή και εκσφαλμάτωση επαναχρησιμοποίηση και διασκευή νοητική αφαίρεση και τμηματοποίηση

Σε όλη την πορεία εφαρμογής της παρέμβασης στο εργαστήριο ΤΠΕ του σχολείου, προτείνεται ο διδάσκων να ανακοινώνει τους βασικούς στόχους των δραστηριοτήτων, να παρέχει οδηγίες στην ολομέλεια της τάξης και στη συνέχεια «να επισκέπτεται» τους σταθμούς εργασίας των μαθητών για να ελέγχει την πρόοδό τους στην ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων. Σε περιπτώσεις κατά τις οποίες οι μαθητές δυσκολεύονται, προτείνεται να δίνονται σ' αυτούς αναλυτικές οδηγίες, με υπόδειξη στην οθόνη και στο πληκτρολόγιο των σημείων στα οποία απαιτούνται ενέργειες και σε καμία περίπτωση να μην επιλύεται η δραστηριότητα από τον διδάσκοντα, ακόμη και αν άλλοι μαθητές έχουν προχωρήσει σε επόμενο στάδιο της δραστηριότητας. Τέλος, προτείνεται κατά την ολοκλήρωση των δραστηριοτήτων κάθε συνεδρίας να πραγματοποιείται στην ολομέλεια της τάξης σύνοψη των στόχων που εκπληρώθηκαν και συζήτηση των αποριών των μαθητών. Σε κάθε περίπτωση, είναι ανάγκη να ενθαρρύνονται οι μαθητές και να επιδιώκεται η βελτίωση της αυτοαντίληψής τους για την ικανότητα να προγραμματίσουν, πέρα από την πραγματική τους δεξιότητα να το

κάνουν. Είναι ανάγκη η δραστηριότητα του προγραμματισμού να αποτελεί μια ευχάριστη και δημιουργική δραστηριότητα για κάθε μαθητή.

11.1.2 Η βελτίωση της αυτοαντίληψης των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων

Η πρώτη έρευνα της παρούσας διατριβής στόχευσε στη διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης με αντικείμενο την ΥΣ και τις συνιστώσες της στην αντιλαμβανόμενη απ' τους μαθητές αυτοπεποίθηση, τον αυτοέλεγχο και την αποφυγή ως προς τα προβλήματα που καλούνται να αντιμετωπίσουν. Η αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων αποτελεί ένα ζήτημα το οποίο δεν έχει διερευνήσει επαρκώς η επιστημονική έρευνα, καθώς έχει εστιάσει κυρίως στην αξιολόγηση των πραγματικών δεξιοτήτων των μαθητών για την επίλυση προβλημάτων. Όπως φάνηκε από την ανάλυση των δεδομένων που συλλέχθηκαν, η προτεινόμενη διδακτική παρέμβαση είναι δυνατό να οδηγήσει στη βελτίωση της συνολικής αυτοαντίληψης των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων.

Οι τιμές που μετρήθηκαν για τη συνολική αυτοαντίληψη των μαθητών ήταν χαμηλότερες από εκείνες που αναφέρθηκαν από τους Uçar κ.ά. (2017) με χρήση της ίδιας κλίμακας μέτρησης για τους «χαρισματικούς» μαθητές της έρευνάς τους. Ωστόσο, στην περίπτωση των Uçar κ.ά. (2017) έγινε μόνο μία μέτρηση, χωρίς έλεγχο πριν και μετά από κάποια διδακτική παρέμβαση και βρέθηκε ότι όσο οι μαθητές προβιβάζονται σε μεγαλύτερες τάξεις, οι τιμές σημειώνουν πτώση. Οι υψηλότερες τιμές της έρευνας της παρούσας διατριβής που αφορούν το χρονικό σημείο μετά την ολοκλήρωση των διδασκαλιών έρχονται σε αντίθεση με τα ευρήματα των Kalelioğlu και Gülbahar (2014), οι μαθητές της έρευνας των οποίων δε μετέβαλαν τις αντιλήψεις τους σε στατιστικά σημαντικό βαθμό μετά από την ολοκλήρωση δραστηριοτήτων προγραμματισμού στο Scratch. Οι διαφορές των αποτελεσμάτων μπορούν να αποδοθούν στις διαφορετικές ηλικίες των συμμετεχόντων μαθητών στη δική τους και την παρούσα έρευνα (Ε' και ΣΤ' αντίστοιχα), αλλά και στη διαφορετική διάρκεια, δεδομένου ότι η έρευνα των Kalelioğlu και Gülbahar (2014) έλαβε χώρα στο χρονικό διάστημα των 5 εβδομάδων για μία ώρα στην καθεμία. Τέλος, η έρευνά τους πραγματοποιήθηκε σε ιδιωτικό σχολείο, σε αντίθεση με την παρούσα, που πραγματοποιήθηκε σε δημόσιο σχολείο.

Η παρούσα έρευνα εντόπισε, επίσης, επιμέρους διαφορές ανάμεσα στον αρχικό και τον τελικό έλεγχο, αναφορικά με το επίπεδο ελέγχου των συναισθημάτων και της συμπεριφοράς των μαθητών κάθε φορά που καλούνται να επιλύσουν ένα πρόβλημα, όπως και με την τάση

τους να το αποφύγουν. Οι μαθητές της έρευνάς μας θεωρούν πως ελέγχουν καλύτερα τα συναισθήματα και τη συμπεριφορά τους και τείνουν να επιμένουν περισσότερο στην επίλυση ενός προβλήματος μετά το τέλος της διδακτικής παρέμβασης. Το μέγεθος της επίδρασής της, μάλιστα, στην περίπτωση της μεταβλητής της αποφυγής των προβλημάτων ήταν μεσαίο, ενώ για τις άλλες μεταβλητές χαμηλό. Ωστόσο, η αντίληψη των μαθητών για τα επίπεδα αυτοπεποίθησής τους για την επίλυση ενός προβλήματος δε μεταβλήθηκε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό στο διάστημα από την έναρξη των διδασκαλιών ως το τέλος τους.

Συνολικά, τα αποτελέσματα υποστηρίζουν την ιδέα ότι η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες ανάπτυξης των συνιστωσών της ΥΣ μπορεί να επιδράσει στην αυτοαντίληψή τους για τις δεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Τέτοιου είδους δραστηριότητες δεν περιλαμβάνονται στα ισχύοντα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών για το Δημοτικό σχολείο και επομένως τα ευρήματα της έρευνάς μας, εφόσον επιβεβαιωθούν από τη μελλοντική έρευνα, μπορούν να αξιοποιηθούν από τους σχεδιαστές της εκπαιδευτικής πολιτικής. Τέλος, τα ευρήματά μας προέκυψαν μετά από συμμετοχή των συμμετεχόντων μαθητών σε μια διδακτική παρέμβαση με αξιοποίηση περιβάλλοντος οπτικού προγραμματισμού, αναδεικνύοντας, επίσης, τις δυνατότητες που μπορούν να προσφέρουν τα περιβάλλοντα αυτής της κατηγορίας για τη βελτίωση της αντίληψης των δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων.

11.1.3 Η επίδραση της δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών στην πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης

Κατά τη διάρκεια της δεύτερης έρευνας διερευνήθηκε η επίδραση της διδακτικής παρέμβασης στο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών και στον βαθμό συστηματικότητας των στρατηγικών που εφάρμοσαν κατά την αντιμετώπιση των δραστηριοτήτων εκσφαλμάτωσης. Η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης στο περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού Scratch, στο οποίο αποκλείονται τα σφάλματα συντακτικού, φάνηκε ότι μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής και σε εφαρμογή περισσότερο συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης.

Η υψηλότερη μέση τιμή αυτής της πρακτικής της ΥΣ μετρήθηκε στη διδακτική ενότητα των ψηφιακών παιχνιδιών και διέφερε σε στατιστικά σημαντικό βαθμό από την αντίστοιχη μέση τιμή της ενότητας των ψηφιακών ιστοριών και της εισαγωγικής ενότητας. Επίσης, κατά τη δημιουργία ψηφιακών παιχνιδιών οι μαθητές εφάρμοσαν συχνότερα συστηματικές

στρατηγικές εκσφαλμάτωσης. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ενότητα των ψηφιακών παιχνιδιών υπήρξε η τελευταία στην ακολουθία των διδακτικών ενοτήτων της παρέμβασης και γι' αυτό δεν μπορεί να αποκλειστεί το ενδεχόμενο η διαφορετική σε στατιστικά σημαντικό βαθμό μέση τιμή για την πρακτική της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης να αποτελεί αποτέλεσμα μάθησης, ως αποτέλεσμα της συμμετοχής σε όλες τις δραστηριότητες της διδακτικής παρέμβασης. Έχει, άλλωστε, βρεθεί ότι οι συνιστώσες της ΥΣ απαιτούν αρκετό χρόνο για να αναπτυχθούν (Atmatzidou & Demetriadis, 2016). Ωστόσο, το γεγονός ότι η μέση τιμή δε διέφερε από τη δεύτερη χρονικά ενότητα, εκείνη των κινουμένων σχεδίων, οδηγεί στο συμπέρασμα ότι η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης παιχνιδιών σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωση της δεξιότητας της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης.

Στο παρελθόν ερευνητές έχουν επισημάνει τη θετική επίδραση των σχετικών με τα ψηφιακά παιχνίδια δραστηριοτήτων στη δεξιότητα του εντοπισμού και της επιδιόρθωσης σφαλμάτων σε κώδικα από αρχάριους προγραμματιστές (Akcaoglu, 2014· Akcaoglu & Koehler, 2014· Allsop, 2019· Barcelos κ.ά., 2014· Denner κ.ά., 2012· Lee, 2015· Miljanovic & Bradbury, 2017· Yoon κ.ά., 2014). Ειδικότερα, όμως, η εφαρμογή της διδακτικής μας παρέμβασης οδηγεί στο συμπέρασμα ότι μια ακολουθία διδακτικών ενοτήτων με αντικείμενο τις συνιστώσες της ΥΣ της οποίας το τελευταίο στάδιο περιλαμβάνει την εκσφαλμάτωση ψηφιακών παιχνιδιών μπορεί να οδηγήσει σε βελτίωσης της αντίστοιχης πρακτικής της ΥΣ και σε εφαρμογή περισσότερο συστηματικών στρατηγικών εκσφαλμάτωσης. Επιπλέον, κατά τη διάρκεια της διδακτικής ενότητας που εστίασε στη δημιουργία των ψηφιακών παιχνιδιών, οι μαθητές εξοικειώθηκαν με τις συνθήκες, τους τελεστές και τα δεδομένα, όλες τους έννοιες της ΥΣ. Αντίθετα, κατά τη διάρκεια της διδακτικής ενότητας των ψηφιακών ιστοριών, στην οποία μετρήθηκε το χαμηλότερο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης των μαθητών, απαιτήθηκε μεγαλύτερη εξοικείωση με τις έννοιες των συμβάντων και της παραλληλίας. Επιπλέον, στα ψηφιακά παιχνίδια η δραστηριότητα της εκσφαλμάτωσης υπήρξε πάντοτε περισσότερο διαδραστική, λόγω του στόχου που επιδίωκε ο παίκτης. Τα χαρακτηριστικά αυτά των ψηφιακών παιχνιδιών φαίνεται ότι μπορεί να επιδρούν στη βελτίωση της πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης.

Τέλος, φάνηκε πως το επίπεδο επάρκειας της πρακτικής βελτιώθηκε και η χρήση των συστηματικών στρατηγικών αυξήθηκε από την αρχή ως το τέλος των διδασκαλιών με φυσικό τρόπο –χωρίς άμεση διδασκαλία μιας συστηματικής διαδικασίας εκσφαλμάτωσης– που ενισχύθηκε από τις συζητήσεις στα ζεύγη και την ολομέλεια των μαθητών. Το εύρημα αυτό

υποστηρίζει περαιτέρω τα αποτελέσματα σχετικών ερευνών που υποστηρίζουν ότι οι μαθητές μαθαίνουν από τα σφάλματά τους μόνο όταν καταφέρνουν να κατανοούν τα εσφαλμένα νοητικά μοντέλα που οδήγησαν στα σφάλματα με ελάχιστο βαθμό καθοδήγησης από τον διδάσκοντα (Chmiel & Loui, 2004· McCauley κ.ά., 2008· Robertson κ.ά., 2004), όπως επίσης και τη σωκρατική μέθοδο που πρότεινε ο Wilson (1987) για την ενθάρρυνση των αρχάριων προγραμματιστών κατά την εκσφαλμάτωση. Ταυτόχρονα, το εύρημα βρίσκεται σε διαφωνία με την άποψη αρκετών επιστημόνων ότι η ρητή διδασκαλία του τρόπου με τον οποίο είναι ανάγκη να εργάζονται οι μαθητές κατά την εκσφαλμάτωση μπορεί να είναι περισσότερο αποτελεσματική από την ανάπτυξη μέσω απόκτησης εμπειριών εκσφαλμάτωσης (Böttcher κ.ά., 2016· Kessler & Anderson, 1986· Michaeli & Romeike, 2019).

Συμπερασματικά, η δεύτερη έρευνα της διατριβής εστίασε στο επίπεδο επάρκειας και τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης αρχάριων προγραμματιστών στο πλαίσιο της ανάπτυξης της ΥΣ, που δεν έχει διερευνηθεί επαρκώς από την επιστημονική έρευνα. Πραγματοποιήσαμε τη διερεύνηση συνδυάζοντας μέσα συλλογής δεδομένων, προκειμένου να επιτευχθεί όσο το δυνατό πιστότερη εικόνα των πραγματικών διεργασιών της σκέψης των μαθητών κατά την εκσφαλμάτωση κώδικα σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού. Προτείνουμε δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης να περιλαμβάνονται στα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών της υποχρεωτικής εκπαίδευσης και ειδικότερα δραστηριότητες εκσφαλμάτωσης ψηφιακών παιχνιδιών σε ένα περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού, καθώς φαίνεται πως μπορούν να οδηγήσουν σε βελτίωση της αντίστοιχης, κεντρικής σημασίας για την ΥΣ, πρακτικής της.

11.1.4 Η επίδραση της δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών στην πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής

Στόχος της τρίτης έρευνάς μας ήταν η διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στο επίπεδο επάρκειας της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής των μαθητών, στο πλαίσιο της αναγνώρισης της δημιουργικής και κοινωνικής φύσης των δεξιοτήτων της ΥΣ. Η τελευταία υποστηρίζεται ότι είναι ανάγκη να αποκτήσει έναν λιγότερο ατομικιστικό και συνεπώς περισσότερο κοινωνικό χαρακτήρα και σ' αυτό το πλαίσιο, της προτεινόμενης διευρυμένης φύσης της, οι μαθητές πραγματοποίησαν παρεμβάσεις στα έργα μελών της κοινότητας, τροποποιώντας ή εμπλουτίζοντάς τα.

Όπως έδειξε η βιβλιογραφική επισκόπηση, ζητήματα που σχετίζονται με την υπολογιστική πρακτική της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής έχουν διερευνηθεί ελάχιστα

από την επιστημονική έρευνα. Τα αποτελέσματα της έρευνάς μας έδειξαν ότι στο πλαίσιο της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες διασκευής ψηφιακών παιχνιδιών που έχουν δημιουργήσει άλλοι χρήστες μπορεί να οδηγήσει σε ενίσχυση της επάρκειας της αντίστοιχης υπολογιστικής πρακτικής. Οι μαθητές σημείωσαν μεγαλύτερο επίπεδο επάρκειας της πρακτικής κατά τη διδακτική ενότητα των ψηφιακών παιχνιδιών σε σύγκριση με την ενότητα των ψηφιακών αφηγήσεων, που προηγήθηκε χρονικά, ενώ το μέγεθος της επίδρασης ήταν αρκετά μεγάλο.

Αναφορικά με τις συνιστώσες της ΥΣ στις οποίες οι μαθητές πραγματοποίησαν αλλαγές, βρέθηκε ότι τα διασκευασμένα ψηφιακά παιχνίδια υπήρξαν διαφοροποιημένα σε στατιστικά σημαντικό βαθμό και ειδικότερα βελτιωμένα ως προς την αναπαράσταση των δεδομένων και την αλληλεπίδραση με τον χρήστη. Τα ψηφιακά παιχνίδια αποτελούν ένα υποσχόμενο πλαίσιο για τη διδασκαλία των μεταβλητών και των λιστών, καθώς φάνηκε πως οι συνήθεις μηχανισμοί των ψηφιακών παιχνιδιών απαιτούν την καταχώριση δεδομένων που σχετίζονται με το αποτέλεσμα και τις εναπομένουσες, ανά πάσα στιγμή του παιχνιδιού, «ζωές» του παίκτη. Επιπλέον, απαραίτητο χαρακτηριστικό τους αποτελεί η πρόκληση νέων καταστάσεων, όπως για παράδειγμα με το πάτημα ενός πλήκτρου. Οι διασκευασμένες ψηφιακές αφηγήσεις, απ' την άλλη, έδειξαν ότι η διασκευή ψηφιακών ιστοριών αποτελεί ένα δυνητικά αποτελεσματικό πλαίσιο για τη διδασκαλία της υπολογιστικής έννοιας του ελέγχου της ροής, καθώς οι μαθητές πρόσθεσαν εναλλακτικές εκδοχές των ιστοριών τους, οι οποίες ενεργοποιούνταν με πάτημα πλήκτρων ή ακολουθίες εντολών. Σε αμφότερα τα είδη έργων, ωστόσο, οι περισσότερες αλλαγές αφορούσαν την προσθήκη αντικειμένων και πολυμέσων, ήχων ή σκηνικών.

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι η διαδικτυακή κοινότητα του Scratch αποτέλεσε πηγή έμπνευσης για τους μαθητές και συχνά τους καθοδήγησε στον εμπλουτισμό των έργων τους. Τον ρόλο της κοινότητας στην υποστήριξη των αρχάριων προγραμματιστών είχαν επισημάνει και άλλοι ερευνητές στο παρελθόν (Bruckman, 1998· Jenkins, 2009). Συνεπώς, η παρούσα έρευνα υποστηρίζει περαιτέρω και τη θέση των επιστημόνων εκείνων, σύμφωνα με τους οποίους η έκθεση των χρηστών σε υλικό που έχει δημιουργηθεί από άλλους δημιουργούς, οι οποίοι διαθέτουν διαφορετικές δεξιότητες, γνώσεις και εμπειρίες, μπορεί να προωθεί τη σχετική με την Επιστήμη των Υπολογιστών μάθηση (Dasgupta κ.ά., 2016· Fields κ.ά., 2017· Xing, 2021).

11.2 Περιορισμοί της έρευνας

Η παρούσα έρευνα υπόκειται σε μια σειρά από περιορισμούς, οι σημαντικότεροι από τους οποίους αφορούν το σχέδιο της δειγματοληψίας που εφαρμόστηκε και τα χαρακτηριστικά της διδακτικής παρέμβασης που υλοποιήθηκε. Αρχικά, το δείγμα της έρευνας προέκυψε από δειγματοληψία ευκολίας, καθώς ενείχε την επιλογή των περισσότερο εύκαιρων μαθητών ως συμμετεχόντων. Η χρησιμοποίησή της υπαγορεύτηκε από τη διαθεσιμότητα των σχολικών μονάδων να λάβουν μέρος στην έρευνα και συνεπώς δεν πραγματοποιήθηκε τυχαία δειγματοληψία, στην οποία η πιθανότητα επιλογής κάθε τμήματος των σχολείων θα ήταν εκ των προτέρων γνωστή. Το σχέδιο δειγματοληψίας που εφαρμόστηκε, επομένως, πιθανόν περιορίζει τη γενικευσιμότητα των αποτελεσμάτων και την εξαγωγή συμπερασμάτων για τον πληθυσμό των μαθητών ΣΤ' τάξης.

Η διδακτική παρέμβαση, όπως έχει περιγραφεί στο Κεφάλαιο 7.5, οργανώθηκε σε πέντε διδακτικές ενότητες, καθεμία από τις οποίες περιελάμβανε δραστηριότητες διαφορετικής θεματολογίας. Δεδομένου ότι σκοπός της έρευνας ήταν να διερευνήσει την επίδραση της προτεινόμενης διδακτικής παρέμβασης στην ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ των μαθητών, η σειρά με την οποία οι συμμετέχοντες εκτέθηκαν στις ενότητες της διδακτικής παρέμβασης υπήρξε η ίδια για όλους. Οι επιδράσεις σειράς (Gaito, 1961), λοιπόν, που γενικά αφορούν τις επιδράσεις που οφείλονται στη σειρά με την οποία οι συμμετέχοντες εκτίθενται στις πειραματικές συνθήκες και όχι τις ίδιες τις πειραματικές συνθήκες, αποτελούν έναν επιπλέον περιορισμό της παρούσας έρευνας. Ενδεικτικό παράδειγμα επίδρασης σειράς αποτελεί η μείωση της επίδοσης συμμετεχόντων λόγω της κούρασης από τη συμμετοχή σε συνεχόμενες δοκιμασίες ή η αύξηση της επίδοσης που οφείλεται στη μάθηση που κατακτήθηκε με το πέρασμα του χρόνου. Η μεγάλη χρονική διάρκεια της παρούσας έρευνας (περίπου ολόκληρο το διδακτικό έτος 2018–2019) και η μη πραγματοποίηση αντιστάθμισης (counterbalancing), προκειμένου να ελεγχθεί η επίδραση της σειράς των διδακτικών ενοτήτων, δεν μπορούν να αποκλείσουν την επίδραση εξωγενών μεταβλητών στα επίπεδα των εξαρτημένων μεταβλητών.

Τέλος, συνήθεις περιορισμοί της ποιοτικής και της ποσοτικής έρευνας, όπως η μεροληψία του ερευνητή και η δυσκολία ποσοτικοποίησης των υπό μελέτη φαινομένων αντίστοιχα, αποτελούν περιορισμούς της παρούσας έρευνας, επίσης. Ανάγκη είναι να ληφθεί υπόψη, ακόμα, το φαινόμενο Hawthorne, σύμφωνα με το οποίο οι συμμετέχοντες συχνά συμπεριφέρονται με τρόπο που προσεγγίζει τις προσδοκίες του ερευνητή, όταν γνωρίζουν ότι εκείνος τους παρατηρεί (Monahan & Fisher, 2010). Άμεσος κίνδυνος του φαινομένου

Hawthorne είναι να παραχθούν δεδομένα μη αντιπροσωπευτικά των πραγματικών αντιλήψεων των συμμετεχόντων.

11.3 Κατευθύνσεις μελλοντικής έρευνας

Παρόλο που τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας είναι ενθαρρυντικά, ορισμένες διαστάσεις τους θα μπορούσαν να διερευνηθούν περαιτέρω ή εκ νέου και σε διαφορετικό πλαίσιο. Ειδικότερα, δεδομένου ότι βασικό περιορισμό της έρευνάς μας αποτέλεσε το σχέδιο της δειγματοληψίας της, τα ερευνητικά ερωτήματα θα μπορούσαν να διερευνηθούν με δείγμα μαθητών που θα προέκυπτε από τυχαία δειγματοληψία στον πληθυσμό των μαθητών της ΣΤ' τάξης των Δημοτικών σχολείων της χώρας. Με τον τρόπο αυτό, ταυτόχρονα, θα ελαττωνόταν το πιθανό σφάλμα κατά τη γενίκευση των αποτελεσμάτων. Το δείγμα, ακόμα, θα μπορούσε να εμπλουτιστεί με μαθητές διαφορετικών ηλικιών και να πραγματοποιηθούν συγκρίσεις των τιμών των εξαρτημένων μεταβλητών μεταξύ υποομάδων του δείγματος που θα σχηματίζονταν με κριτήριο την ηλικία των συμμετεχόντων.

Η σειρά με την οποία οι ενότητες της διδακτικής παρέμβασης παρουσιάστηκαν στους συμμετέχοντες των πέντε σχολικών τμημάτων, όπως έχει προαναφερθεί, υπήρξε η ίδια για όλα τους, δεδομένου ότι σκοπό της έρευνας αποτέλεσε η διερεύνηση της επίδρασης της συγκεκριμένης αλληλουχίας διδακτικών ενοτήτων στην ανάπτυξη των συνιστωσών της ΥΣ των μαθητών. Οι επιδράσεις σειράς, που αποτελούν πιθανό περιορισμό της έρευνας, θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με πραγματοποίηση αντιστάθμισης, κατά την οποία οι διδακτικές ενότητες θα παρουσιάζονταν με διαφορετική σειρά σε κάθε σχολικό τμήμα συμμετεχόντων. Ειδικότερα, το είδος της αντιστάθμισης που θα λάμβανε χώρα θα ήταν η ατελής αντιστάθμιση, καθώς η πλήρης αντιστάθμιση θα απαιτούσε να παρουσιαστούν όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί των πειραματικών συνθηκών σε κάθε ομάδα συμμετεχόντων και πρακτικά θα ήταν μια πολύ χρονοβόρα και απαιτητική διαδικασία.

Το πρώτο ερευνητικό ερώτημα εστίασε στη διερεύνηση της επίδρασης της διδακτικής παρέμβασης στην αυτοαντίληψη των μαθητών για τις δεξιότητές τους στην επίλυση προβλημάτων. Η συγκεκριμένη κατεύθυνση αποτελεί ένα από τα σημεία συνεισφοράς της παρούσας έρευνας, δεδομένου ότι η επιστημονική έρευνα έχει εστιάσει κυρίως στην αξιολόγηση των πραγματικών δεξιοτήτων των μαθητών στην επίλυση προβλημάτων. Η μελλοντική έρευνα θα μπορούσε να διερευνήσει την ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στις πραγματικές δεξιότητες των μαθητών και στην αυτοαντίληψή τους γι' αυτές.

Το εύρημα της έρευνάς μας για την επίδραση των δραστηριοτήτων δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών στην ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ μπορεί να αποτελέσει χρήσιμη βάση για την πραγματοποίηση περαιτέρω έρευνας αναφορικά με τη διερεύνηση της επίδρασης της δημιουργίας ψηφιακών παιχνιδιών που φέρουν διαφορετικά χαρακτηριστικά και ενσωματώνουν διαφορετικές έννοιες του προγραμματισμού στην ανάπτυξη συνιστωσών της ΥΣ. Επιπλέον, τα ευρήματα που σχετίζονται με την επίδραση των δραστηριοτήτων αφήγησης ιστοριών οδηγούν σε ερωτήματα για την επίδραση δραστηριοτήτων δημιουργίας παιχνιδιών στα οποία «εγχέονται» χαρακτηριστικά της αφήγησης ιστοριών. Η διερεύνηση της ανάπτυξης των συνιστωσών της ΥΣ που πιθανόν να λαμβάνει χώρα κατά τον σχεδιασμό και την υλοποίηση ενός έργου που αποτελεί ελεύθερη επιλογή των μαθητών και η υλοποίηση του οποίου δεν καθοδηγείται από τον διδάσκοντα αποτελεί, επίσης, ένα πεδίο έρευνας που θα μπορούσε να συμβάλει στην έρευνα για την ανάπτυξη των δεξιοτήτων της ΥΣ των μαθητών. Τέλος, το περιεχόμενο της διδακτικής παρέμβασης θα μπορούσε να εμπλουτιστεί με νέες δραστηριότητες και η εφαρμογή της να έχει μεγαλύτερη διάρκεια (π.χ. δύο διδακτικών ετών).

Ένα ακόμη ερώτημα που παραμένει ανοιχτό προς διερεύνηση είναι η σύγκριση της επίδρασης του προγραμματισμού σε ζεύγη με τον προγραμματισμό κατά μόνας στο πλαίσιο δραστηριοτήτων ανάπτυξης της ΥΣ. Η παρούσα έρευνα κατέληξε σε συμπεράσματα μετά από εργασία μαθητών Δημοτικού σε ζεύγη, αλλά απαιτείται έρευνα για να καθορίσει την επίδραση του τρόπου εργασίας τους στην εξαγωγή των συμπερασμάτων. Ο καθορισμός της επίδρασης θα μπορούσε να εμπλουτιστεί με τη συλλογή περισσότερων καταγραφών των ενεργειών των μαθητών επί της οθόνης, δεδομένου ότι η παρούσα έρευνα αξιοποίησε μικρό αριθμό τους. Τέλος, θα μπορούσε να διερευνηθεί η ύπαρξη συσχέτισης ανάμεσα στον βαθμό ανάπτυξης των συνιστωσών της ΥΣ και της επίδοσης των μαθητών στα γνωστικά αντικείμενα του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών του Δημοτικού σχολείου.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΟΡΟΛΟΓΙΑΣ

Ξενόγλωσσος όρος	Ελληνικός όρος
3D Hybrid CT Framework	Τρισδιάστατο Υβριδικό Πλαίσιο της ΥΣ
Abstract Syntax Tree (AST)	Αφηρημένο Συντακτικό Δέντρο
abstracting and modularizing	νοητική αφαίρεση και τμηματοποίηση
abstraction	αφαίρεση
algorithmic thinking	αλγοριθμική σκέψη
algorithms/ algorithmic skills and thinking	αλγόριθμοι/ αλγοριθμικές δεξιότητες και (αλγοριθμική) σκέψη
analysis	ανάλυση
analytical rubric	αναλυτική ρουμπρίκα
appropriation	οικειοποίηση
arrow-based programming environment	προγραμματιστικό περιβάλλον βελών
artifacts	τεχνουργήματα
artificial intelligence	τεχνητή νοημοσύνη
automation	αυτοματισμός
being incremental and iterative	προσαύξηση και επανάληψη
between subjects ή between groups	ανεξάρτητα δείγματα
block-based programming environments	προγραμματιστικά περιβάλλοντα που βασίζονται σε πλακίδια
blocks	πλακίδια
Boolean logic	λογική του Boole
Boolean operators	τελεστές του Boole
boxplot	θηκόγραμμα
breakpoints	παύσεις (στην εκτέλεση του κώδικα)
British Computer Society	Βρετανική Κοινότητα Υπολογιστών
broadcast	μετάδοση
bug	κορίος (σφάλμα κώδικα υπολογιστή)

bugs clichés	συνήθη σφάλματα
Bureau of Labor Statistics	Γραφείο Στατιστικών Εργασίας
challenges	δραστηριότητες-προκλήσεις
clubs	ομάδες
code	Κώδικας
code injection	έγχυση κώδικα
code tracing	ιχνηλάτηση του κώδικα
coding	κωδικοποίηση
cognitivism	γνωστικισμός
Cohen's d	συντελεστής d του Cohen
collaboration	συνεργασία
communication	επικοινωνία
computational artifacts	υπολογιστικά τεχνουργήματα
computational literacy	υπολογιστικός γραμματισμός
computational participation	υπολογιστική συμμετοχικότητα
computational science	υπολογιστική επιστήμη
computational thinker	υπολογιστικός στοχαστής
Computational Thinking (CT)	Υπολογιστική Σκέψη (ΥΣ)
Computer Science	Επιστήμη των Υπολογιστών
Computer Science Teachers Association (CSTA)	Ένωση Καθηγητών Πληροφορικής
concepts	έννοιες
conditional logic	υποθετική λογική
conditionals	συνθήκες
connecting	σύνδεση
constructivism	κονστрукτιβισμός
convenience sampling	δειγματοληψία ευκολίας
cooperativity	συνεργασία
costumes	ενδυμασίες

counterbalancing	αντιστάθμιση
creation	δημιουργία
creativity	δημιουργικότητα
critical thinking	κριτική σκέψη
cyber-learning	κυβερνο-μάθηση
data	δεδομένα
data mining tools	εργαλεία εξόρυξης δεδομένων
data representation	αναπαράσταση δεδομένων
debugging	εκσφαλμάτωση
debugging techniques	τεχνικές εκσφαλμάτωσης
diagnostic tools	διαγνωστικά εργαλεία
dichotomous dependent variable	διχοτομική εξαρτημένη μεταβλητή
Digital Storytelling Association	Σύνδεσμος Ψηφιακής Αφήγησης
divide and conquer	διαίρει και βασίλευε
drag and drop	σύρω και αποθέτω
effect size	μέγεθος της επίδρασης
embedded design	ενσωματωμένος σχεδιασμός
encapsulation of states	ενθυλάκωση καταστάσεων
episodes	επεισόδια
European Code Week	Ευρωπαϊκή Εβδομάδα Κώδικα
evaluation	αξιολόγηση
events	συμβάντα
explanatory design	επεξηγηματικός σχεδιασμός
exploratory design	διερευνητικός σχεδιασμός
expressing	έκφραση
filtering	φιλτράρισμα
flow control	έλεγχος της ροής
flowchart-based programming environment	προγραμματιστικό περιβάλλον διαγραμμάτων ροής

follow	«ακολουθώ»
formative-iterative tools	εργαλεία διαμορφωτικής-επαναληπτικής αξιολόγησης
generalization	γενίκευση
global	οικουμενικός
holistic rubric	ολιστική ρουμπρίκα
Hour of Code	Ωρα του Κώδικα
Information Literacy	Πληροφοριακή Παιδεία
International Society for Technology in Education (ISTE)	Διεθνής Κοινωνία για την Τεχνολογία στην Εκπαίδευση
iterative thinking	επαναληπτική σκέψη
kurtosis	κύρτωση
line graph	γράφημα γραμμής
logic	λογική
logic errors	σφάλματα λογικής
logical thinking	λογική σκέψη
loops	βρόχοι
machine learning	μηχανική μάθηση
massively multiplayer online role-playing game	μαζικό διαδικτυακό παιχνίδι ρόλων πολλαπλών παικτών
microcontroller	μικροελεγκτής
mixed methods	μικτές μέθοδοι
modularization	τμηματοποίηση
modularizing and modeling	τμηματοποίηση και μοντελοποίηση
multiple McNemar's tests	πολλαπλά τεστ του McNemar
National Research Council (NRC)	Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας
National Science Foundation (NSF)	Εθνικό Ίδρυμα Επιστημών
nesting	εμφωλιασμός
New Skills Agenda for Europe	Νέα Ατζέντα Δεξιοτήτων για την Ευρώπη

object-based programming languages	γλώσσες προγραμματισμού που βασίζονται σε αντικείμενα
object-oriented programming languages	αντικειμενοστραφείς γλώσσες προγραμματισμού
objectivism	αντικειμενισμός
one sample <i>t</i> -test	έλεγχος <i>t</i> ενός δείγματος
one-way repeated measures analysis of variance	μονόδρομη ανάλυση διακύμανσης επαναλαμβανόμενων μετρήσεων
online community	διαδικτυακή κοινότητα
operators	τελεστές
order effects	φαινόμενα σειράς
organization	οργάνωση
outside the box	μη συμβατικές προσεγγίσεις
overview	επισκόπηση
pair programming	προγραμματισμός σε ζεύγη
paired-samples <i>t</i> -test	έλεγχος <i>t</i> δύο ομάδων κατά ζεύγη ή <i>t</i> -test εξαρτημένων δειγμάτων ή συσχετισμένος έλεγχος <i>t</i> -test
parallelism	παραλληλία
parallelization	παραλληλία
participatory culture	συμμετοχική κουλτούρα
pattern recognition	αναγνώριση μοτίβων
perceptions-attitudes scales	εργαλεία αξιολόγησης αντιλήψεων-στάσεων
perspectives	στάσεις
planning	σχεδιασμός
portfolio	φάκελος
post hoc tests	ανά ζεύγη συγκρίσεις
post-test	μετά-έλεγχος
practices	πρακτικές
pre-test	προ-έλεγχος

print statements	εντολές εξόδου
problem decomposition	αποσύνθεση του προβλήματος
problem solving	επίλυση προβλήματος
programming	προγραμματισμός
project	έργο
projector	προβολέας
public entities	δημόσιες οντότητες
questioning	διατύπωση ερωτήσεων
quiz	παιχνίδι ερωτήσεων
rational thinking	ορθολογιστική σκέψη
reflection	αναστοχασμός
remedial activity	δραστηριότητα διόρθωσης/ επαναφοράς
remixing	διασκευή
repeated measures	επαναλαμβανόμενες μετρήσεις
reusing and remixing	επαναχρησιμοποίηση και διασκευή
role model	πρότυπο
Royal Society	Βασιλική Εταιρεία
rubric	ρουμπρίκα
run-time semantic errors	σημαντικά/ σημασιολογικά σφάλματα κατά την εκτέλεση του κώδικα
self-expression	αυτοέκφραση
Self-Organizing Map	αυτό-οργανούμενος χάρτης
sequences	ακολουθίες
shooter (game)	παιχνίδι στόχων
short-term memory	βραχυπρόθεσμη μνήμη
skewness	συμμετρία
skill transfer	μεταφορά δεξιοτήτων
skill transfer tools	εργαλεία αξιολόγησης της μεταφοράς δεξιοτήτων

social cognitive theory	κοινωνιογνωστική θεωρία
sound	ήχος
source code	πηγαίος κώδικας
sprite	αντικείμενο
stage	σκηνικό
summative tools	εργαλεία αθροιστικής αξιολόγησης
superbug	υπερ-κορίος
synchronization	συγχρονισμός
syntax errors	συντακτικά σφάλματα
tablet	ταμπλέτα
testing and debugging	δοκιμή και εκσφαλμάτωση
text-based programming environment	προγραμματιστικό περιβάλλον κειμένου
triadic reciprocal determinism	τριαδική αμοιβαία αιτιοκρατία
triangulation design	σχεδιασμός τριγωνισμού
turtle graphics	χελωνογραφικά
Uniform Resource Locator	ενιαίος εντοπιστής πόρων
unplugged activities	«αποσυνδεδεμένες» δραστηριότητες χωρίς τη χρήση ηλεκτρονικών συσκευών
unsystematic poking around	μη συστηματική περιήγηση
US Air Force Academy	Αμερικανική Ακαδημία Αεροπορίας
user interactivity	αλληλεπίδραση με τον χρήστη
visual diagnosis	διάγνωση με οπτικό τρόπο
visual processing	οπτική επεξεργασία
visual programming environment	περιβάλλον οπτικού προγραμματισμού
vocabulary assessment	εργαλεία αξιολόγησης του λεξιλογίου
weighting of cases	στάθμιση δεδομένων
within subjects	σε εξαρτημένα δείγματα
Year of Code	Χρονιά του Κώδικα

ΑΡΚΤΙΚΟΛΕΞΑ – ΑΚΡΩΝΥΜΙΑ

ACM	Association for Computing Machinery
ANOVA	Analysis of Variance
AST	Abstract Syntax Tree
CHC	CattellHorn-Carroll
CS	Computer Science
CSTA	Computer Science Teachers Association
CTS	Computational Thinking Scales
CTt	Computational Thinking test
ISTE	International Society for Technology in Education
MMORPG	Massively Multiplayer Online Role-Playing Game
NRC	National Research Council
NSF	National Science Foundation
PISA	Programme for International Student Assessment
PMA	Primary Mental Abilities
PSIC	Problem-solving Inventory for Children
SOM	Self-Organizing Map
STEM	Science, Technology, Engineering, and Mathematics
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
URL	Uniform Resource Locator
ΔΕΠΠΣ	Διαθεματικό Ενιαίο Πλαίσιο Προγραμμάτων Σπουδών
ΗΠΑ	Ηνωμένες Πολιτείες Αμερικής
ΙΕΠ	Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής

ΤΠΕ	Τεχνολογίες της Πληροφορίας και των Επικοινωνιών
ΥΣ	Υπολογιστική Σκέψη

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1: ΦΥΛΛΑ ΕΡΓΑΣΙΩΝ ΤΗΣ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

1.0.1 Λογαριασμός στο Scratch

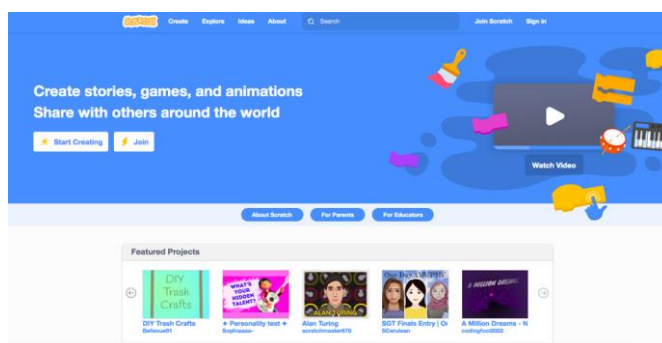
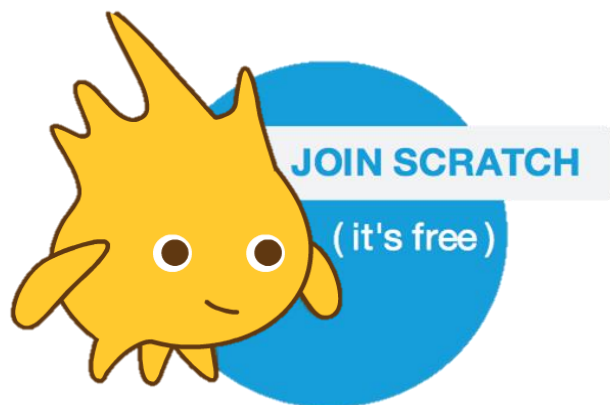
ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟΣ ΣΤΟ SCRATCH

**ΚΑΙΝΟΥΡΙΟΙ ΣΤΟ SCRATCH;
ΑΡΧΙΣΤΕ ΔΗΜΙΟΥΡΓΩΝΤΑΣ ΤΟΝ
ΛΟΓΑΡΙΑΣΜΟ ΣΑΣ!**

Θα χρειαστείτε έναν λογαριασμό στο Scratch για να δημιουργείτε, να αποθηκεύετε και να μοιράζεστε τις εργασίες σας. Τα παρακάτω βήματα θα σας καθοδηγήσουν στη δημιουργία ενός νέου λογαριασμού και την ενημέρωση του προφίλ σας

ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Ανοίξτε τον φυλλομετρητή και πηγαίνετε στην ιστοσελίδα του Scratch: <http://scratch.mit.edu>
- ☐ Στην αρχική σελίδα, κάντε κλικ στο «Εγγραφή» δεξιά στην κορυφή της σελίδας ή στον μπλε κύκλο.
- ☐ Ολοκληρώστε τα τρία βήματα για τη δημιουργία του εντελώς δικού σας λογαριασμού στο Scratch!



1.0.2 Έκπληξη

ΕΚΠΛΗΞΗ!

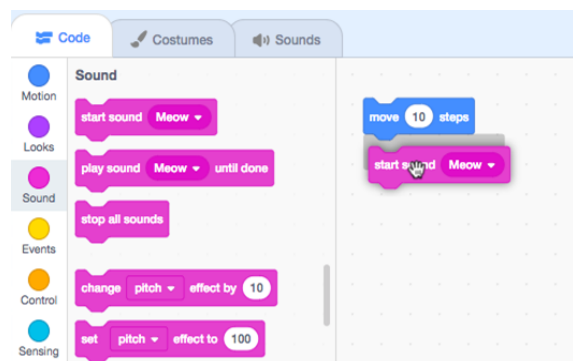
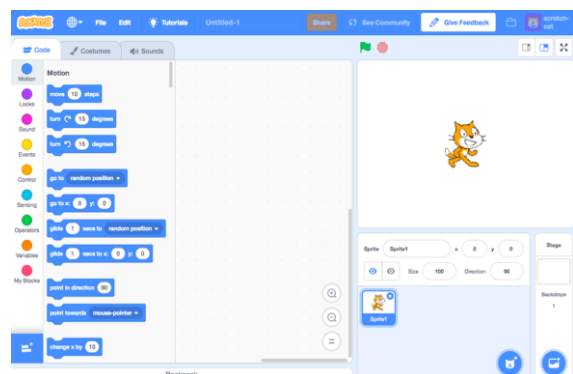
**ΜΠΟΡΕΙΣ ΝΑ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΕΙΣ
ΤΗ ΓΑΤΑ ΤΟΥ SCRATCH ΝΑ
ΚΑΝΕΙ ΚΑΤΙ ΕΚΠΛΗΚΤΙΚΟ;**

Σ' αυτή τη δραστηριότητα, θα δημιουργήσετε ένα νέο έργο με το Scratch και θα εξερευνήσετε διαφορετικά blocks, για να καθοδηγήσετε τη γάτα να κάνει κάτι εκπληκτικό!

Τι θα δημιουργήσετε;

ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Πηγαίνετε στην ιστοσελίδα του Scratch: <http://scratch.mit.edu>
- ☐ Κάντε είσοδο στον λογαριασμό σας.
- ☐ Κάντε κλικ στην καρτέλα «Δημιούργησε», που βρίσκεται στην κορυφή, στα αριστερά, για να δημιουργήσετε ένα νέο έργο.
- ☐ Ώρα για εξερεύνηση! Δοκιμάστε να κάνετε κλικ σε διαφορετικά τμήματα του περιβάλλοντος του Scratch για να δείτε τι θα γίνει.
- ☐ Παίξτε με διαφορετικά blocks του Scratch! Σύρετε και αφήστε blocks στην περιοχή των εντολών. Πειραματιστείτε κάνοντας κλικ σε κάθε block για να δείτε τι κάνει ή δοκιμάστε να ενώσετε blocks.



1.1.1 Βήμα-Βήμα

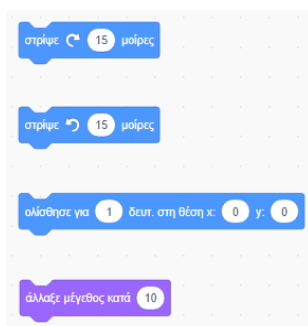
ΒΗΜΑ-ΒΗΜΑ

**ΚΑΙΝΟΥΡΙΟΙ ΣΤΟ SCRATCH;
ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΣΤΕ ΤΟ ΠΡΩΤΟ ΣΑΣ
ΕΡΓΟ!**

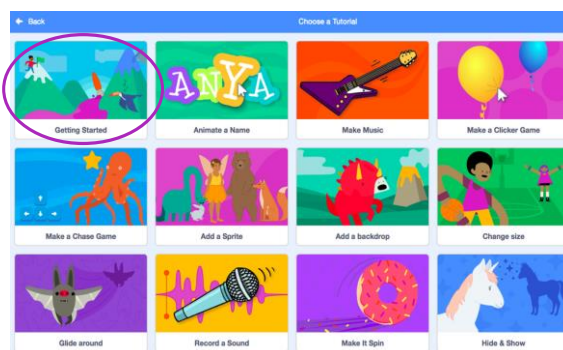
Σ' αυτή τη δραστηριότητα, θα ακολουθήσετε τις οδηγίες του Βήμα-Βήμα στο Εκπαιδευτικό Υλικό για να δημιουργήσετε μια γάτα που χορεύει. Μόλις θα έχετε ολοκληρώσει τα βήματα, πειραματιστείτε προσθέτοντας κι άλλα blocks για να κάνετε το έργο δικό σας.

ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Κάντε κλικ στο «Εκπαιδευτικό Υλικό».
- ☐ Επιλέξτε το «Ξεκινώντας».
- ☐ Προσθέστε περισσότερα blocks.
- ☐ Πειραματιστείτε για να το κάνετε δικό σας!



Με ποια blocks θέλετε να πειραματιστείτε;



ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ

- ☐ Προσπαθήστε να ηχογραφήσετε τους δικούς σας ήχους.
- ☐ Δημιουργήστε διαφορετικά σκηνικά.
- ☐ Μετατρέψτε το έργο σας σε πάρτι χορού, προσθέτοντας επιπλέον αντικείμενα που χορεύουν!
- ☐ Δοκιμάστε να σχεδιάσετε μια νέα ενδυμασία για το αντικείμενό σας.

ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;

- + Προσθέστε το έργο σας στο Studio του Βήμα- Βήμα: <http://scratch.mit.edu/studios/475476>
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνετε περισσότερα! Παιξτε προσθέτοντας νέα blocks, ήχο ή κίνηση.
- + Βοηθήστε έναν γείτονα!
- + Διαλέξτε μερικά νέα blocks για να πειραματιστείτε μαζί τους. Δοκιμάστε τα!

10 BLOCKS

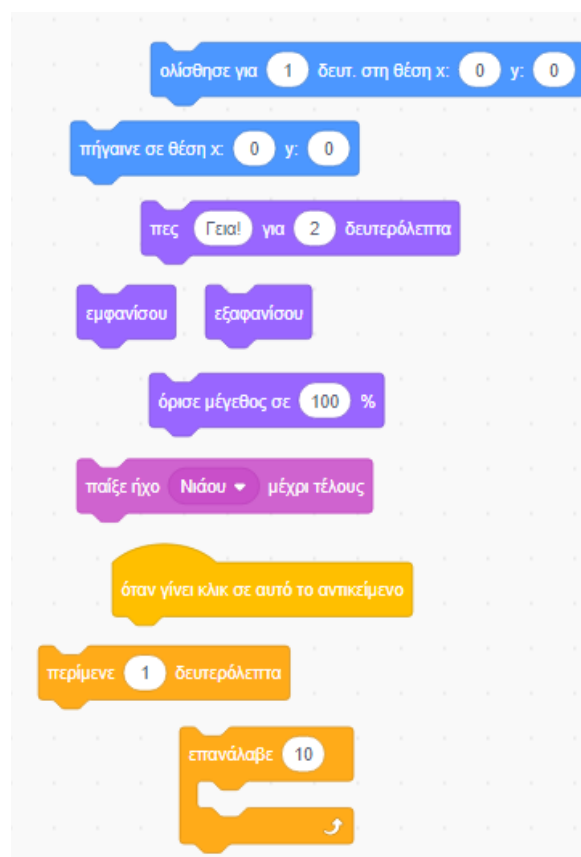
ΤΙ ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΣΕΤΕ
ΜΕ 10 ΜΟΝΟ BLOCKS ΤΟΥ
SCRATCH;

Δημιουργήστε ένα έργο
χρησιμοποιώντας μόνο αυτά τα 10
blocks. Χρησιμοποιήστε τα μία φορά,
δύο φορές ή πολλές φορές, αλλά
χρησιμοποιήστε κάθε block
τουλάχιστον μία φορά.

ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Δοκιμάστε τις ιδέες σας
πειραματιζόμενοι με κάθε block.
- ☐ Αναμείξτε και ενώστε τα blocks με
διάφορους τρόπους.
- ☐ Επαναλάβετε!

ΚΟΛΗΣΑΤΕ;
ΔΕΝ ΠΕΙΡΑΖΕΙ!
ΔΟΚΙΜΑΣΤΕ ΤΑ
ΠΑΡΑΚΑΤΩ...



ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;

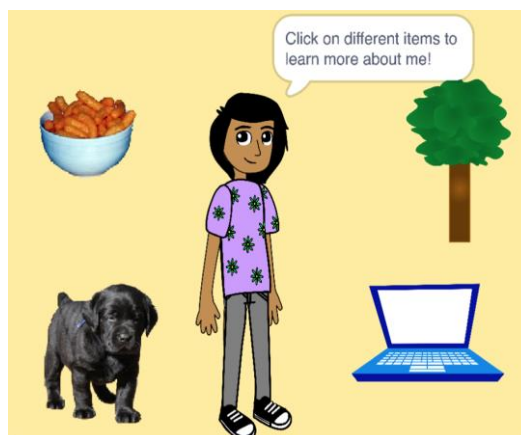
- ☐ Δοκιμάστε τις ιδέες σας πειραματιζόμενοι με
διαφορετικούς συνδυασμούς blocks. Αναμείξτε και
ενώστε blocks μέχρι να βρείτε κάτι που σας
κεντρίζει το ενδιαφέρον!
- ☐ Προσπαθήστε να σκεφτείτε ιδέες με έναν γείτονα!
- ☐ Εξερευνήστε άλλα έργα για να δείτε τι κάνουν άλλοι
στο Scratch. Αυτό μπορεί να είναι ένας τέλειος
τρόπος για να βρείτε έμπνευση!
- + Προσθέστε το έργο σας στο Studio 10 Blocks:
<http://scratch.mit.edu/studios/475480>
- + Παίξτε με διαφορετικά αντικείμενα, ενδυμασίες ή
σκηνικά.
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνετε περισσότερα!
Δείτε πόσα πολλά και διαφορετικά έργα μπορείτε
να δημιουργήσετε μ' αυτά τα 10 blocks.

1.1.3 Σχετικά με Εμένα

ΣΧΕΤΙΚΑ ΜΕ ΕΜΕΝΑ

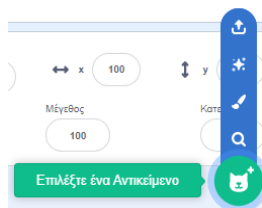
ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΣΥΝΔΥΑΣΕΤΕ ΕΝΔΙΑΦΕΡΟΥΣΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΚΑΙ ΗΧΟΥΣ ΓΙΑ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΣΕΤΕ ΕΝΑ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΟ ΚΟΛΛΑΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΕΑΥΤΟ ΣΑΣ;

Πειραματιστείτε με αντικείμενα, ενδυμασίες, σκηνικά, όψεις και ήχους για να δημιουργήσετε ένα διαδραστικό έργο, που βοηθά άλλους ανθρώπους να μάθουν περισσότερα για ΕΣΑΣ και τις ιδέες, τις δραστηριότητες και τους ανθρώπους για τους οποίους νοιάζεστε.



ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

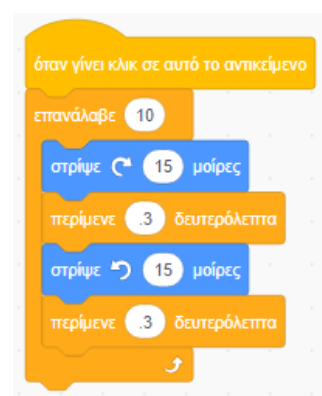
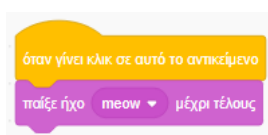
- ☐ Δημιουργήστε ένα αντικείμενο.
- ☐ Κάντε το διαδραστικό.
- ☐ Επαναλάβετε!



ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ

- ☐ Χρησιμοποιήστε ενδυμασίες για να αλλάξετε την εμφάνιση του αντικειμένου σας.
- ☐ Δημιουργήστε διαφορετικά σκηνικά.
- ☐ Προσπαθήστε να προσθέσετε ήχο στο έργο σας.
- ☐ Δοκιμάστε να προσθέσετε κίνηση στο κολλάζ σας.

Κάντε το αντικείμενό σας διαδραστικό, προσθέτοντας σενάρια που το κάνουν να απαντάει σε κλικ, πατήματα πλήκτρων και άλλα!



BLOCKS ΓΙΑ ΝΑ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΣΤΕΙΤΕ

ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;



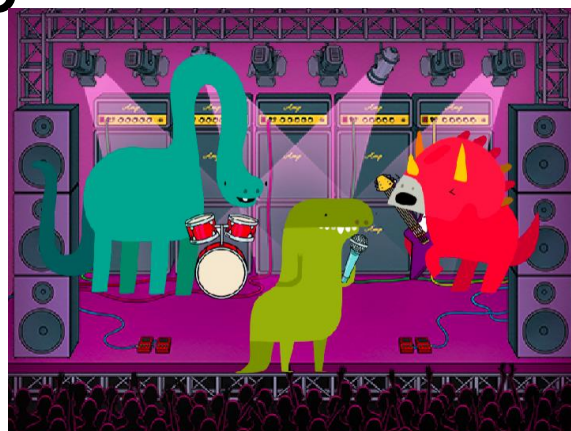
- + Προσθέστε το έργο σας στο Studio Σχετικά μ' εμένα: <http://scratch.mit.edu/studios/475470>
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνει περισσότερα! Παίξτε προσθέτοντας νέα blocks, ήχο ή κίνηση!
- + Βοηθήστε έναν γείτονα!

1.2.1 Φτιάξτε ένα Μουσικό Συγκρότημα

ΦΤΙΑΞΤΕ ΕΝΑ ΜΟΥΣΙΚΟ ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑ

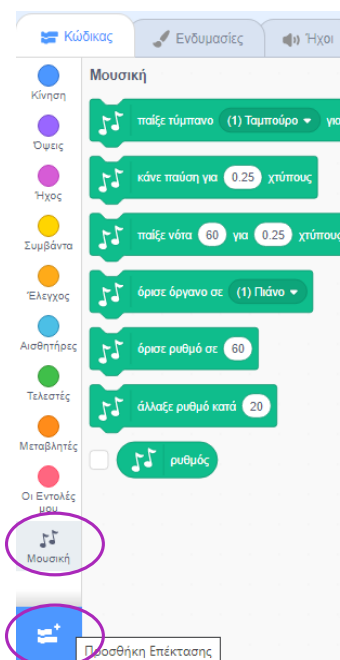
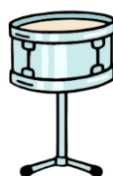
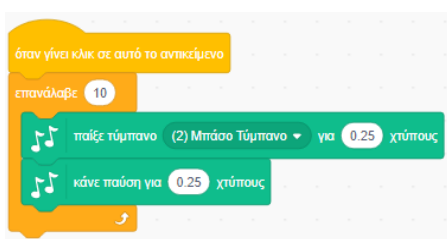
ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΤΕ ΤΟ SCRATCH ΓΙΑ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΣΕΤΕ ΗΧΟΥΣ, ΟΡΓΑΝΑ, ΣΥΓΚΡΟΤΗΜΑΤΑ Η ΕΙΔΗ ΜΟΥΣΙΚΗΣ ΠΟΥ ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΥΟΥΝ ΤΗ ΜΟΥΣΙΚΗ ΠΟΥ ΑΓΑΠΑΤΕ;

Σ' αυτή τη δραστηριότητα, θα δημιουργήσετε το δικό σας, εμπνευσμένο από τη μουσική, έργο στο Scratch, αντιστοιχίζοντας μορφές με ήχους για να σχεδιάσετε διαδραστικά μουσικά όργανα.



ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Δημιουργήστε ένα αντικείμενο.
- ☐ Βρείτε τα blocks της μουσικής, κάνοντας κλικ στην επιλογή των Επεκτάσεων.
- ☐ Επιλέξτε τα blocks Μουσικής.
- ☐ Προσθέστε blocks Μουσικής.
- ☐ Πειραματιστείτε με τρόπους να κάνετε τα μουσικά σας όργανα διαδραστικά.



Διαλέξτε μουσικά όργανα από τη βιβλιοθήκη αντικειμένων ή δημιουργήστε δικά σας.

ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ

- ☐ Χρησιμοποιήστε τα blocks επανάληψης για να κάνετε έναν ήχο να παίξει περισσότερες από μία φορές.
- ☐ Εισαγάγετε ή καταγράψτε τους δικούς σας ήχους ή πειραματιστείτε με τον επεξεργαστή Ήχων.
- ☐ Προσπαθήστε να παίξετε με τα blocks του ρυθμού, για να επιταχύνετε ή να επιβραδύνετε τον ρυθμό.

ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;

- + Προσθέστε το έργο σας στο Studio Φτιάξτε ένα Μουσικό Συγκρότημα: <http://scratch.mit.edu/studios/475523>
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνει περισσότερα! Εφεύρετε ένα νέο μουσικό όργανο ή καταγράψτε τους δικούς σας ήχους.
- + Βοηθήστε έναν γείτονα!

1.2.2 Ζωντάνεψε!

ΖΩΝΤΑΝΕΨΕ!

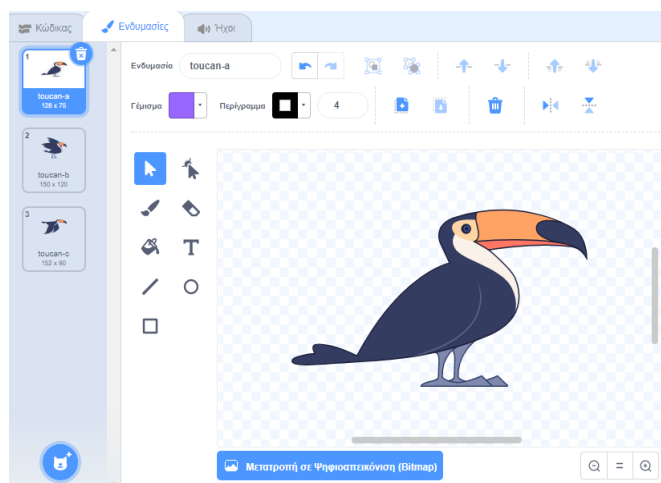
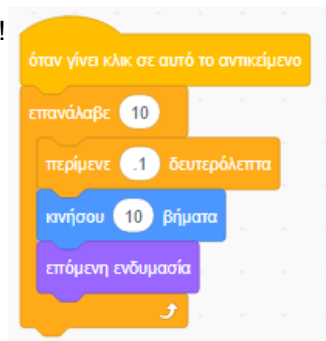
ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΚΑΝΕΤΕ ΜΙΑ ΕΙΚΟΝΑ ΝΑ ΖΩΝΤΑΝΕΨΕΙ;

Σ' αυτήν τη δραστηριότητα, θα εξερευνήσετε τρόπους, για να δώσετε ζωή σε αντικείμενα, εικόνες και ιδέες μετατρέποντάς τα σε κινούμενα σχέδια, προγραμματίζοντας μια σειρά από αλλαγές ενδυμασίας.



ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Επιλέξτε ένα αντικείμενο.
- ☐ Προσθέστε μια διαφορετική ενδυμασία.
- ☐ Προσθέστε blocks, για να δώσετε ζωή στην εικόνα.
- ☐ Επαναλάβετε!



ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ

- ☐ Προσπαθήστε να σχεδιάσετε τις ιδέες σας για κινούμενα σχέδια πρώτα σε χαρτί – σαν σε φυλλοσκόπιο.
- ☐ Πειραματιστείτε με διαφορετικά blocks και ενδυμασίες μέχρι να βρείτε κάτι που σας διασκεδάζει.
- ☐ Έχετε ανάγκη από έμπνευση; Βρείτε έργα στα Κινούμενα Σχέδια της σελίδας «Εξερεύνησε».

ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;

- + Προσθέστε το έργο σας στο studio του Ζωντάνεψε: <http://scratch.mit.edu/studios/475529>
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνει περισσότερα! Προσθέστε περισσότερα χαρακτηριστικά στο έργο σας για να κάνετε τα κινούμενα σχέδιά σας να φαίνονται περισσότερο ρεαλιστικά.
- + Βοηθήστε έναν γείτονα!
- + Μοιραστείτε το έργο σας με έναν συμμαθητή και δείξτε του τη διαδικασία που ακολουθήσατε για τον σχεδιασμό.
- + Βρείτε ένα έργο κινουμένων σχεδίων που σας ενέπνευσε και αναμείξτε το!

1.2.3 Μουσικό βίντεο

ΜΟΥΣΙΚΟ ΒΙΝΤΕΟ

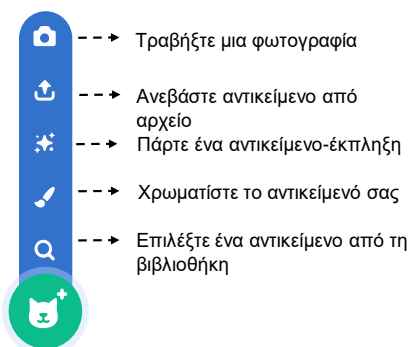
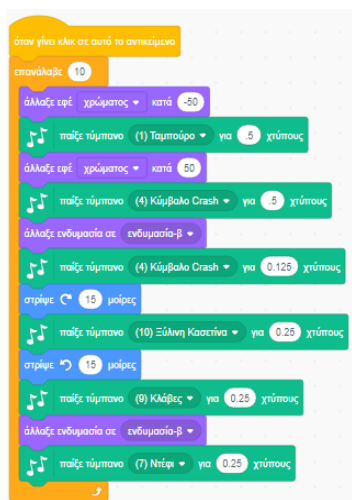
ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΪΤΕ ΝΑ ΣΥΝΔΥΑΣΕΤΕ ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑ ΜΕ ΜΟΥΣΙΚΗ ΓΙΑ ΝΑ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΣΕΤΕ ΤΟ ΔΙΚΟ ΣΑΣ ΜΟΥΣΙΚΟ ΒΙΝΤΕΟ ΣΤΟ SCRATCH;

Σ' αυτό το έργο, θα εξερευνήσετε ιδέες που σχετίζονται με το θέατρο, το τραγούδι, τον χορό, τη μουσική, το σχέδιο, τη φωτογραφία και τα κινούμενα σχέδια για να δημιουργήσετε ένα εξατομικευμένο μουσικό βίντεο!



ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Προσθέστε ήχο.
- ☐ Δημιουργήστε ένα αντικείμενο και δώστε του ζωή.
- ☐ Κάντε τα να αλληλεπιδράσουν!



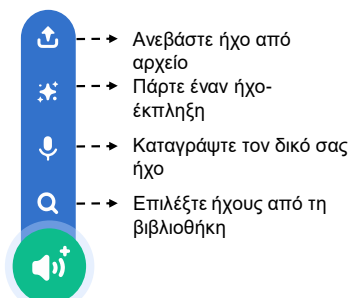
Τραβήξτε μια φωτογραφία

Ανεβάστε αντικείμενο από αρχείο

Πάρτε ένα αντικείμενο-έκπληξη

Χρωματίστε το αντικείμενό σας

Επιλέξτε ένα αντικείμενο από τη βιβλιοθήκη



Ανεβάστε ήχο από αρχείο

Πάρτε έναν ήχο-έκπληξη

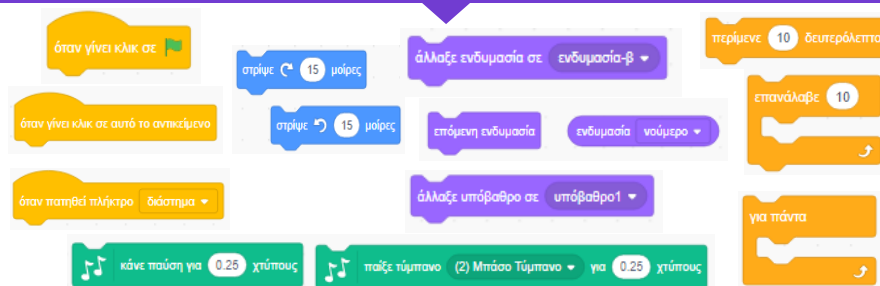
Καταγράψτε τον δικό σας ήχο

Επιλέξτε ήχους από τη βιβλιοθήκη

ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ

- ☐ Χρησιμοποιήστε ενδυμασίες, για να σας βοηθήσουν να δώσετε ζωή στα κινούμενα σχέδιά σας!
- ☐ Κάντε τα αντικείμενά σας διαδραστικά προσθέτοντας σενάρια που κάνουν το αντικείμενο να ανταποκρίνεται σε κλικ, πατήματα πληκτρών και άλλα.
- ☐ Προσθέστε οδηγίες στη σελίδα του έργου για να εξηγήσετε πώς άλλοι χρήστες μπορούν να αλληλεπιδράσουν με το πρόγραμμά σας.

BLOCKS ΓΙΑ ΝΑ ΠΑΙΞΕΤΕ ΜΑΖΙ ΤΟΥΣ



ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;

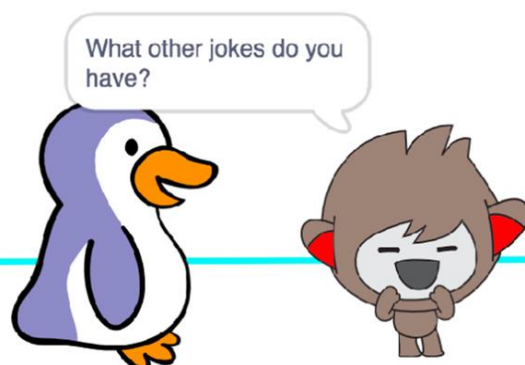
- + Προσθέστε το έργο σας στο studio Μουσικό Βίντεο: <http://scratch.mit.edu/studios/475517>
- + Μην ξεχάσετε να αναγνωρίσετε τη μουσική, τον κώδικα ή άλλη εργασία άλλων που χρησιμοποιήσατε στο έργο σας.
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνει περισσότερα! Δημιουργήστε τα δικά σας αντικείμενα, ήχους ή ενδυμασίες!

1.3.1 Συζητήσεις

ΣΥΖΗΤΗΣΕΙΣ

ΠΟΙΟΙ ΔΙΑΦΟΡΕΤΙΚΟΙ ΤΡΟΠΟΙ ΥΠΑΡΧΟΥΝ
ΓΙΑ ΝΑ ΣΥΝΤΟΝΙΣΟΥΜΕ ΤΙΣ
ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΙΑ
ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ;

Σ' αυτή τη δραστηριότητα, θα εξερευνήσετε διαφορετικούς τρόπους για να προγραμματίσετε αντικείμενα να συζητήσουν! Πειραματιστείτε με τη ρύθμιση του χρόνου και εξερευνήστε τη χρήση της μετάδοσης μηνυμάτων, καθώς αναμειγνύετε ένα αστείο έργο.



ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ❑ Κοιτάξτε στο εσωτερικό του έργου Penguin Jokes: <http://scratch.mit.edu/projects/10015800>
- ❑ Εξετάστε τον κώδικα για να δείτε πώς τα blocks «πες» και «περίμενε» χρησιμοποιούνται για να συντονιστεί η συζήτηση.
- ❑ Αναμείξτε το έργο για να χρησιμοποιήσετε τα blocks «μετάδωσε» και «όταν λάβω» αντί για το «περίμενε».



ΚΟΛΛΗΣΑΤΕ;
ΔΕΝ ΠΕΙΡΑΖΕΙ! ΔΟΚΙΜΑΣΤΕ ΤΑ
ΠΑΡΑΚΑΤΩ...



ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;

- ❑ Σκεφτείτε ιδέες με έναν γείτονα! Δημιουργήστε μια λίστα πιθανών λύσεων και δοκιμάστε τες μαζί.
- ❑ Δοκιμάστε να χρησιμοποιήσετε τα blocks «μετάδωσε» και «όταν λάβω» σε διαφορετικά τμήματα του έργου σας.
- ❑ Εξερευνήστε έργα στο studio του Συζητήσεως για να πάρετε έμπνευση για διαφορετικούς τρόπους συντονισμού των συζητήσεων ανάμεσα στις μορφές.

- + Προσθέστε το έργο σας στο studio του Συζητήσεως: <http://scratch.mit.edu/studios/475547>
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνει περισσότερα! Προσθέστε άλλους χαρακτήρες και συζητήσεις.
- + Μοιραστείτε το έργο σας με τους γείτονες και καθοδηγήστε τους στη διαδικασία της εξερεύνησης και του σχεδιασμού.
- + Βοηθήστε έναν γείτονα!

1.3.2 Σκηνές

ΣΚΗΝΕΣ

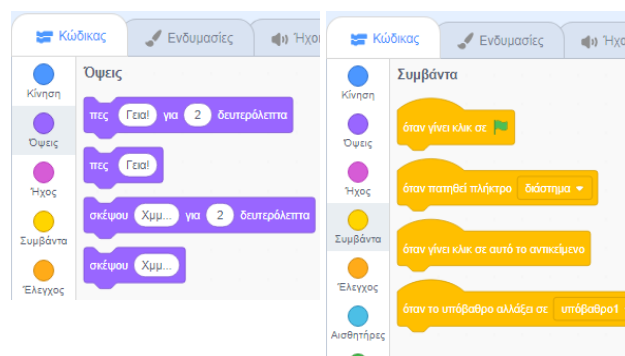
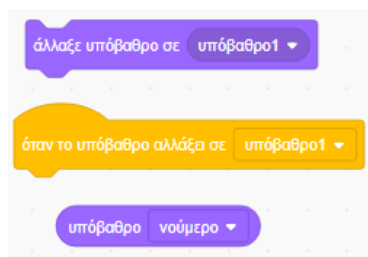
ΠΟΙΑ ΕΙΝΑΙ Η ΔΙΑΦΟΡΑ ΑΝΑΜΕΣΑ ΣΤΗ ΣΚΗΝΗ ΚΑΙ ΣΤΑ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΑ;

Σ' αυτή τη δραστηριότητα, θα δημιουργήσετε ένα έργο που πειραματίζεται με υπόβαθρα, όπως μια ιστορία με πολλαπλές σκηνές ή μια παρουσίαση διαφανειών.



ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ❑ Διαλέξτε από τη βιβλιοθήκη, ζωγραφίστε ή μεταφορτώστε πολλαπλά υπόβαθρα στο έργο σας.
- ❑ Πειραματιστείτε με blocks από τις κατηγορίες των «Όψεων» και των «Συμβάντων», για να ξεκινήσετε την εναλλαγή υπόβαθρων.
- ❑ Προσθέστε σενάρια στη σκηνή και αντικείμενα, για να συντονίσετε αυτό που γίνεται στο έργο όταν αλλάζει το υπόβαθρο!



ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ

- ❑ Ψάξτε για blocks κάτω από τα αντικείμενα και τη σκηνή που σχετίζονται με τα υπόβαθρα και δοκιμάστε τα για να δείτε τι κάνουν!
- ❑ Θέλετε περισσότερη έμπνευση; Εξερευνήστε τη διαδικτυακή κοινότητα του Scratch για να ανακαλύψετε έργα που χρησιμοποιούν πολλαπλά σκηνικά.

ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;

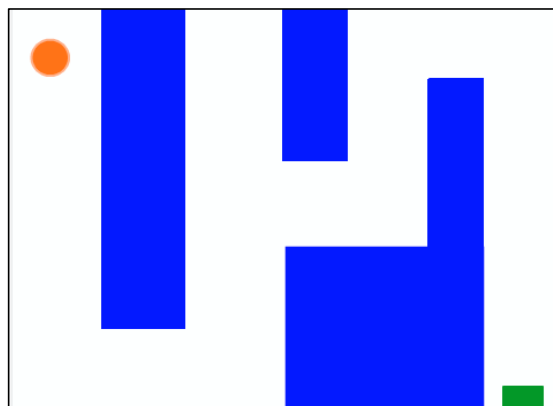
- + Προσθέστε το έργο σας στο studio του Σκηνές: <http://scratch.mit.edu/studios/475550>
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνει περισσότερα! Προσθέστε στο έργο σας μερικές αλλαγές στο υπόβαθρο.
- + Βοηθήστε έναν γείτονα!
- + Επιστρέψτε σε ένα από τα προηγούμενα έργα σας ή βρείτε ένα έργο που σας εμπνέει και αναμείξτε το προσθέτοντας εναλλασσόμενα υπόβαθρα.

1.4.1 Λαβύρινθος

ΛΑΒΥΡΙΝΘΟΣ

ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΤΕ ΤΟ SCRATCH ΓΙΑ ΝΑ ΦΤΙΑΞΕΤΕ ΕΝΑ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ;

Σ' αυτό το έργο, θα δημιουργήσετε ένα παιχνίδι. Το παιχνίδι αυτό περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μορφές, αποτέλεσμα και επίπεδα δυσκολίας. Εσείς μετακινείτε ένα αντικείμενο από την αρχή ενός λαβύρινθου μέχρι το τέλος του, χωρίς να αγγίζετε τα τείχη.



ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

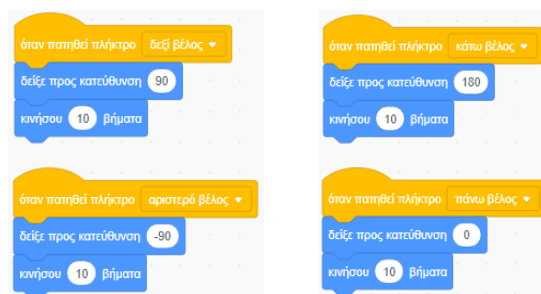
- ☐ Ζωγραφίστε ένα φόντο που μοιάζει με λαβύρινθο και χρησιμοποιήστε διαφορετικά χρώματα για τα τείχη και το σημείο που δείχνει το τέλος του λαβύρινθου.

- ☐ Προσθέστε ένα αντικείμενο.

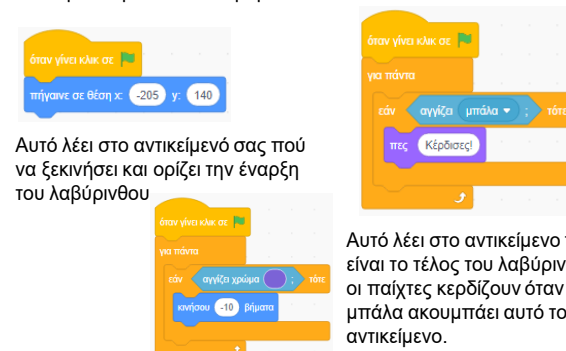
- ☐ Κάντε το παιχνίδι σας διαδραστικό!

ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ

- ☐ Προσθέστε πολλαπλά επίπεδα στο παιχνίδι σας! Αυτό μπορεί να γίνει μέσα από τη χρήση διαφορετικών υποβάθρων και τη χρήση blocks μετάδοσης για να ξεκινήσετε το επόμενο επίπεδο.
- ☐ Χρησιμοποιήστε το block «Δημιουργία μεταβλητής», για να παρακολουθείτε το αποτέλεσμα!
- ☐ Πειραματιστείτε με blocks χρονόμετρου, για να προσθέσετε νέες προκλήσεις στον λαβύρινθό σας!



Τα σενάρια αυτά δίνουν στον παίχτη τον έλεγχο της κίνησης του αντικείμενου μέσα στον λαβύρινθο.



Αυτό λέει στο αντικείμενό σας πού να ξεκινήσει και ορίζει την έναρξη του λαβύρινθου

Αυτό λέει στο αντικείμενο που είναι το τέλος του λαβύρινθου ότι οι παίχτες κερδίζουν όταν η μπάλα ακουμπάει αυτό το αντικείμενο.

Αυτό θα κάνει το αντικείμενό σας να αναπηδήσει στα μπλε τείχη του λαβύρινθου.

BLOCKS ΓΙΑ ΝΑ ΠΑΙΞΕΤΕ ΜΑΖΙ ΤΟΥΣ

ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;



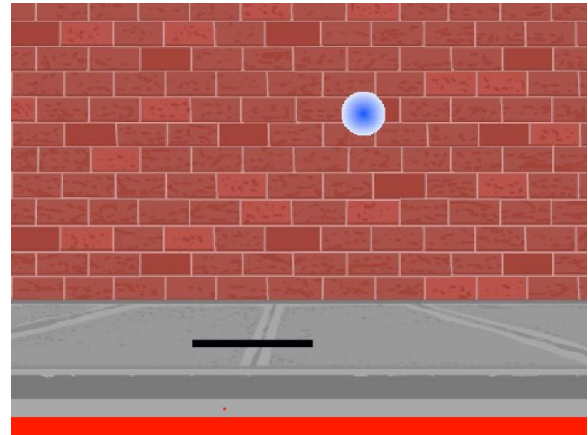
- + Προσθέστε το έργο σας στο studio του Παιχνιδιού: <http://scratch.mit.edu/studios/487504>
- + Ανταλλάξτε παιχνίδια με έναν συμμαθητή και περιγράψτε ο ένας στον άλλον τις δημιουργίες σας.

1.4.2 Pong

PONG

ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΕΤΕ ΤΟ SCRATCH ΓΙΑ ΝΑ ΦΤΙΑΞΕΤΕ ΕΝΑ ΔΙΑΔΡΑΣΤΙΚΟ ΠΑΙΧΝΙΔΙ;

Σ' αυτό το έργο, θα δημιουργήσετε ένα παιχνίδι. Το παιχνίδι αυτό περιλαμβάνει αλληλεπιδράσεις ανάμεσα στις μορφές, αποτέλεσμα και επίπεδα δυσκολίας. Στόχος του παιχνιδιού είναι να μην αφήσετε την μπάλα να χτυπήσει κάτω.

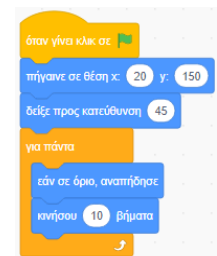
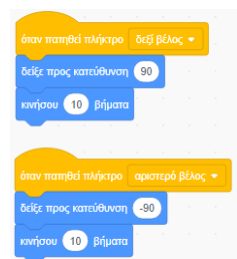
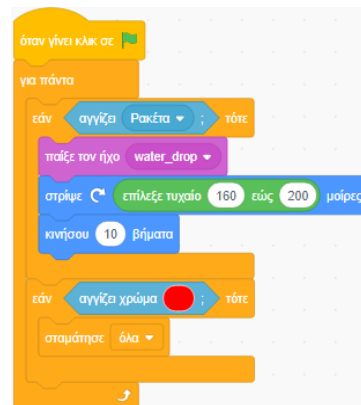
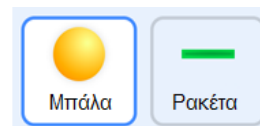


ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Δημιουργήστε δύο αντικείμενα: μια ρακέτα για να ελέγχει ο χρήστης και μια μπάλα για να παίζει μαζί της.
- ☐ Κάντε τη ρακέτα σας διαδραστική.
- ☐ Δώστε ζωή στο παιχνίδι σας!

ΠΡΑΓΜΑΤΑ ΓΙΑ ΝΑ ΔΟΚΙΜΑΣΕΤΕ

- ☐ Πώς προσθέτετε δυσκολία στο παιχνίδι σας; Δημιουργώντας νέα επίπεδα, χρησιμοποιώντας ένα χρονόμετρο ή παρακολουθώντας το αποτέλεσμα είναι μερικά παραδείγματα πραγμάτων που θα μπορούσατε να κάνετε.
- ☐ Πειραματιστείτε με την αλλαγή της εμφάνισης του παιχνιδιού σας επεξεργαζόμενοι το υπόβαθρο!
- ☐ Εξερευνήστε τη χρήση διαφορετικών πατημάτων πληκτρών για τον έλεγχο των αντικειμένων σας!



Αλληλεπιδρά με τους τοίχους.
Αλληλεπιδρά με τη ρακέτα.

Αυτά ελέγχουν την μπάλα. Αν αγγίξει τη ρακέτα ή έναν τοίχο, συνεχίζει να κινείται. Αν αγγίξει κόκκινο (δηλαδή η μπάλα πέρασε πίσω απ' τη ρακέτα) το παιχνίδι τελειώνει.

BLOCKS ΓΙΑ ΝΑ ΠΑΙΞΕΤΕ ΜΑΖΙ ΤΟΥΣ

ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;



- + Προσθέστε το έργο σας στο studio του Παιχνιδιού: <http://scratch.mit.edu/studios/487504>
- + Ανταλλάξτε παιχνίδια με έναν συμμαθητή και περιγράψτε ο ένας στον άλλον τις δημιουργίες σας.

1.4.3 Σκορ

ΣΚΟΡ

ΠΩΣ ΜΠΟΡΕΙΤΕ ΝΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΕΙΤΕ ΤΟ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑ ΣΕ ΕΝΑ ΕΡΓΟ ΤΟΥ SCRATCH;

Το “Fish Chomp” είναι ένα παιχνίδι στο οποίο οι παίκτες προσπαθούν να πιάσουν όσα περισσότερα ψάρια μπορούν, καθοδηγώντας με το ποντίκι του υπολογιστή ένα αντικείμενο του Scratch. Σ’ αυτή τη δραστηριότητα, θα αναμειξετε το παιχνίδι, προσθέτοντας το σκορ με χρήση μεταβλητής.

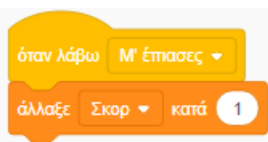
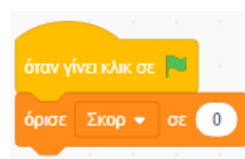


ΞΕΚΙΝΗΣΤΕ ΕΔΩ

- ☐ Πηγαίνετε στη σελίδα του έργου:
<http://scratch.mit.edu/projects/10859244>
- ☐ Πατήστε πάνω στο «Δημιουργία Μεταβλητής» στην κατηγορία «Μεταβλητές», για να δημιουργήσετε και να δώσετε όνομα σε μια μεταβλητή για το σκορ.
- ☐ Πειραματιστείτε με τα νέα σας blocks μεταβλητής, για να ενσωματώσετε το σκορ στο έργο σας!

Μεταβλητές

Δημιουργία Μεταβλητής



Νέα Μεταβλητή

Όνομα νέας μεταβλητής:

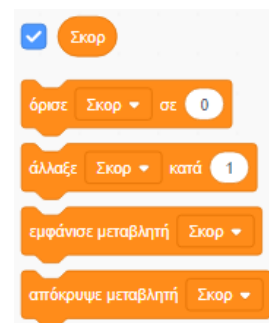
Σκορ

☒ Για όλα τα αντικείμενα

☐ Μόνο για αυτό το αντικείμενο

Ακύρωση

ΟΚ



ΚΟΛΛΗΣΑΤΕ;
ΔΕΝ ΠΕΙΡΑΖΕΙ! ΔΟΚΙΜΑΣΤΕ ΤΑ
ΠΑΡΑΚΑΤΩ...

ΤΕΛΕΙΩΣΑΤΕ;

- ☐ Δεν είστε σίγουροι σχετικά με το πώς να εργαστείτε με τις μεταβλητές; Δείτε αυτό το έργο για περισσότερες πληροφορίες:
<http://scratch.mit.edu/projects/2042755>
- ☐ Ή ρίξτε μια ματιά σ' αυτό το βίντεο: <http://youtu.be/uXq379XkhVw>
- ☐ Εξερευνήστε και μελετήστε τον κώδικα σε παιχνίδια που χρησιμοποιούν τα σκορ, προκειμένου να μάθετε περισσότερα σχετικά με τη δημιουργία μεταβλητών και την ενσωμάτωση του σκορ σε ένα έργο.

- + Προσθέστε το έργο σας στο studio ανάμειξης Fish Chomp:
<http://scratch.mit.edu/studios/475615>
- + Προκαλέστε τον εαυτό σας να κάνει περισσότερα! Πώς μπορείτε να χρησιμοποιήσετε το σκορ για να προσθέσετε δυσκολία στον σχεδιασμό του παιχνιδιού σας;
- + Βρείτε ένα παιχνίδι που σας εμπνέει και αναμειξτε το!

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2: ΚΛΙΜΑΚΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ ΑΥΤΟΑΝΤΙΑΛΗΨΗΣ ΤΩΝ ΔΕΞΙΟΤΗΤΩΝ ΕΠΙΛΥΣΗΣ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ

		Ποτέ	Σπάνια	Μερικές φορές	Συχνά	Πάντα
1.	Αντί να αποφεύγω τα προβλήματά μου, προσπαθώ να τα λύνω.	1	2	3	4	5
2.	Κάθε φορά που έχω κάποιο πρόβλημα να λύσω, είμαι απαισιόδοξος και δεν μπορώ εύκολα να συνεφέρω τον εαυτό μου.	1	2	3	4	5
3.	Όταν έχω κάποιο πρόβλημα, προσπαθώ να μένω ήρεμος.	1	2	3	4	5
4.	Όταν αντιμετωπίζω ένα πρόβλημα, νευριάζω και λέω πράγματα που δε θέλω.	1	2	3	4	5
5.	Πιστεύω ότι τα προβλήματα που αντιμετωπίζω μπορεί να τύχουν στον καθέναν.	1	2	3	4	5
6.	Νιώθω αναστατωμένος όταν έχω κάποιο πρόβλημα.	1	2	3	4	5
7.	Όταν έχω ένα πρόβλημα, δεν το παρατάω και προσπαθώ μέχρι να το λύσω.	1	2	3	4	5
8.	Όταν έχω ένα πρόβλημα, με απασχολεί για μεγάλο χρονικό διάστημα.	1	2	3	4	5
9.	Όταν έχω προβλήματα, πάντα κάνω ερωτήσεις και αναζητώ λύσεις.	1	2	3	4	5
10.	Όταν δεν μπορώ να λύσω τα προβλήματά μου, με ενοχλούν τα πάντα.	1	2	3	4	5
11.	Δοκιμάζω όλες τις πιθανές λύσεις χωρίς να εγκαταλείπω τα προβλήματα που αντιμετωπίζω.	1	2	3	4	5
12.	Δεν μπορώ εύκολα να συμβουλευτώ τον εαυτό μου όταν έχω κάποιο πρόβλημα.	1	2	3	4	5
13.	Πάντα, στην αρχή προσπαθώ να μάθω από πού ξεκινάει το πρόβλημα.	1	2	3	4	5

		Ποτέ	Σπάνια	Μερικές φορές	Συχνά	Πάντα
14.	Όταν έχω προβλήματα να λύσω με τους φίλους μου, τσακώνομαι μαζί τους αντί να προσπαθώ να τα λύσω.	1	2	3	4	5
15.	Αντί να αποφεύγω τα προβλήματα, δουλεύω μέχρι να βρω μια λύση που να λειτουργεί.	1	2	3	4	5
16.	Βρίσκω πολλές δικαιολογίες για να αποφεύγω τη δουλειά και τις ευθύνες μου.	1	2	3	4	5
17.	Είμαι αρκετά υπομονετικός και αποφασιστικός όταν πρόκειται για τα προβλήματά μου.	1	2	3	4	5
18.	Δεν ξέρω τι να κάνω όταν έχω ένα πρόβλημα.	1	2	3	4	5
19.	Όταν δεν μπορώ να λύσω τα προβλήματά μου, ζητώ βοήθεια από την οικογένεια ή τους φίλους μου.	1	2	3	4	5
20.	Συνήθως δε λύνω με επιτυχία τα προβλήματά μου.	1	2	3	4	5
21.	Συνήθως βρίσκω δημιουργικές και αποτελεσματικές λύσεις στα προβλήματά μου.	1	2	3	4	5
22.	Όταν έχω προβλήματα, συμπεριφέρομαι σαν μικρό παιδί γιατί αυτή η συμπεριφορά με βολεύει.	1	2	3	4	5
23.	Όταν αντιμετωπίζω ένα πρόβλημα, πιστεύω ότι θα βρω όλες τις δυνατές λύσεις.	1	2	3	4	5
24.	Όταν έχω ένα πρόβλημα, αντί να ψάχνω για λύσεις, αφήνω τα πάντα στην τύχη τους.	1	2	3	4	5

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΔΟΚΙΜΗΣ ΚΑΙ ΕΚΣΦΑΛΜΑΤΩΣΗΣ

3.1 Οδηγός συνέντευξης

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:

ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΕΥΓΑΡΙΟΥ:

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1. Τι συνέβη όταν εκτελέσατε το έργο σας και τι ήταν διαφορετικό από αυτό που επιθυμούσατε;**
- 2. Πώς εξετάσατε τα σενάρια για να διερευνήσετε την αιτία του προβλήματος;**
- 3. Πώς κάνατε τις αλλαγές και πώς ελέγξατε για να δείτε τι συνέβη;**
- 4. Πώς σκεφτήκατε άλλους τρόπους για να λύσετε το πρόβλημα;**

3.2 Ερωτήσεις αναστοχασμού των μαθητών για τη διαδικασία της εκσφαλμάτωσης

ΔΙΟΡΘΩΣΕ ΤΟ! ΑΝΑΣΤΟΧΑΣΜΟΣ

+ Ποιο ήταν το πρόβλημα;

+ Πώς εντοπίσατε το πρόβλημα;

+ Πώς επιδιορθώσατε το πρόβλημα;

+ Είχαν οι άλλοι εναλλακτικές προσεγγίσεις για την επίλυση του προβλήματος;

3.3 Ρουμπρίκα αξιολόγησης της ανάπτυξης της υπολογιστικής πρακτικής της δοκιμής και εκσφαλμάτωσης

ΔΟΚΙΜΗ ΚΑΙ ΕΚΣΦΑΛΜΑΤΩΣΗ	ΧΑΜΗΛΟ	ΜΕΤΡΙΟ	ΥΨΗΛΟ
Περιγράψτε τι συνέβη όταν εκτελέσατε το έργο σας και τι ήταν διαφορετικό από αυτό που επιθυμούσατε.	Ο μαθητής δεν περιγράφει τι ήταν διαφορετικό όταν «έτρεξε» το έργο σε σχέση με αυτό που επιθυμούσε.	Ο μαθητής περιγράφει τι πήγε στραβά στο έργο, αλλά όχι τι επιθυμούσε αυτό να κάνει.	Ο μαθητής παρέχει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα αυτού που έγινε και εκείνου που επιθυμούσε να είχε πραγματοποιηθεί όταν «έτρεξε» το πρόγραμμα.
Περιγράψτε πώς εξετάσατε τα σενάρια για να διερευνήσετε την αιτία του προβλήματος.	Ο μαθητής δεν περιγράφει κάποιο πρόβλημα.	Ο μαθητής περιγράφει την εξέταση των σεναρίων, αλλά δεν παρέχει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα εντοπισμού ενός προβλήματος στον κώδικα.	Ο μαθητής περιγράφει την εξέταση των σεναρίων και παρέχει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα εντοπισμού ενός προβλήματος στον κώδικα.
Περιγράψτε πώς κάνατε τις αλλαγές και πώς ελέγξατε για να δείτε τι συνέβη.	Ο μαθητής δεν περιγράφει ποιο πρόβλημα αντιμετώπισε ή τη λύση του.	Ο μαθητής παρέχει ένα γενικό παράδειγμα της πραγματοποίησης μιας αλλαγής και δοκιμής της για να ελέγξει αν λειτούργησε.	Ο μαθητής παρέχει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα της πραγματοποίησης μιας αλλαγής και δοκιμής της για να ελέγξει αν λειτούργησε.
Περιγράψτε πώς σκεφτήκατε άλλους τρόπους για να λύσετε το πρόβλημα.	Ο μαθητής δεν παρέχει ένα παράδειγμα μιας λύσης στο πρόβλημα.	Ο μαθητής παρέχει ένα γενικό παράδειγμα μιας λύσης στο πρόβλημα.	Ο μαθητής παρέχει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα μιας λύσης στο πρόβλημα.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4: ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΗΣ ΠΡΑΚΤΙΚΗΣ ΤΗΣ ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΣΚΕΥΗΣ

4.1 Οδηγός συνέντευξης

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ:

ΑΡΙΘΜΟΣ ΖΕΥΓΑΡΙΟΥ:

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ

- 1. Βρήκατε έμπνευση δοκιμάζοντας άλλα έργα και διαβάζοντας τα σενάρια τους;**

Αν ναι, πώς βοήθησαν αυτά;

- 2. Γιατί επιλέξατε το συγκεκριμένο μέρος ενός άλλου έργου και το προσαρμόσατε στο δικό σας έργο;**

- 3. Πώς τροποποιήσατε το ήδη υπάρχον έργο για να το βελτιώσετε ή να το εμπλουτίσετε;**

- 4. Πώς αποδώσατε τα εύσημα σε ανθρώπους στον οποίον τις εργασίες βασιστήκατε ή από τις οποίες εμπνευστήκατε;**

4.2 Ρουμπρίκα αξιολόγησης της ανάπτυξης της υπολογιστικής πρακτικής της επαναχρησιμοποίησης και διασκευής

ΕΠΑΝΑΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑΣΚΕΥΗ	ΧΑΜΗΛΟ	ΜΕΤΡΙΟ	ΥΨΗΛΟ
Περιγράψτε αν/ πώς βρήκατε έμπνευση δοκιμάζοντας άλλα έργα και διαβάζοντας τα σενάριά τους.	Ο μαθητής δεν περιγράφει πώς βρήκε ιδέες ή έμπνευση από άλλα έργα.	Ο μαθητής παρέχει μία γενική περιγραφή ενός έργου που τον ενέπνευσε.	Ο μαθητής παρέχει ένα συγκεκριμένο παράδειγμα έργου που τον ενέπνευσε και του τρόπου με τον οποίο τον ενέπνευσε.
Πώς επιλέξατε ένα μέρος ενός άλλου έργου και το προσαρμόσατε στο έργο σας;	Ο μαθητής δεν περιγράφει πώς προσαρμόσε σενάρια, ιδέες ή πόρους από άλλα έργα.	Ο μαθητής αναγνωρίζει σενάρια, ιδέες ή πόρους που προσαρμόσε από άλλα έργα.	Ο μαθητής παρέχει συγκεκριμένα παραδείγματα σεναρίων, ιδεών ή πόρων που προσαρμόσε από άλλα έργα και τρόπων με τους οποίους το έκανε.
Πώς τροποποιήσατε ένα υπάρχον έργο για να το βελτιώσετε ή να το εμπλουτίσετε;	Ο μαθητής δεν περιγράφει την τροποποίηση ενός άλλου έργου.	Ο μαθητής παρέχει μία γενική περιγραφή τροποποιήσεων που έκανε σε ένα άλλο έργο.	Ο μαθητής παρέχει συγκεκριμένα παραδείγματα τροποποιήσεων που έκανε σε άλλα έργα και των λόγων για τους οποίους έκανε τις τροποποιήσεις αυτές.
Πώς αποδώσατε τα εύσημα σε ανθρώπους στον οποίον τις εργασίες βασιστήκατε ή από τις οποίες εμπνευστήκατε;	Ο μαθητής δεν αποδίδει τα εύσημα σε άλλους.	Ο μαθητής κατονομάζει ανθρώπους, των οποίων η εργασία τον ενέπνευσε.	Ο μαθητής αναφέρει στο έργο του και/ ή στην ιστοσελίδα του Scratch τους ανθρώπους, των οποίων η εργασία τον ενέπνευσε.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

- Académie des Sciences. (2013). *L'enseignement de l'informatique en France - Il est urgent de ne plus attendre*. Ανακτήθηκε από: http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_0513.pdf
- Adams, C., Cutumisu, M., & Lu, C. (2019). Measuring K-12 Computational Thinking Concepts, Practices and Perspectives: An Examination of Current CT Assessments. Στο Κ. Graziano (Επίμ.), *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference* (σσ. 275–285). Las Vegas: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Ahmadzadeh, M., Elliman, D., & Higgins, C. (2005). Novice programmers: An analysis of patterns of debugging among novice computer science students. *ACM Inroads*, 37(3), 84–88. doi:10.1145/1067445.1067472
- Aho, A. V. (2012). Computation and computational thinking. *Computer Journal*, 55, 832–835. doi:10.1093/comjnl/bxs074
- Akcaoglu, M. (2014). Learning problem-solving through making games at the game design and learning summer program. *Educational Technology Research and Development*, 62(5), 583–600. doi:10.1007/s11423-014-9347-4
- Akcaoglu, M., & Koehler, M. J. (2014). Cognitive outcomes from the Game-Design and Learning (GDL) after-school program. *Computers & Education*, 75, 72–81. doi:10.1016/j.compedu.2014.02.003
- Akpinar, Y., & Aslan, U. (2015). Supporting children's learning of probability through video game programming. *Journal of Educational Computing Research*, 53(2), 228–259. doi:10.1177/0735633115598492
- Allsop, Y. (2019). Assessing computational thinking process using a multiple evaluation approach. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 19, 30–55. doi:10.1016/j.ijcci.2018.10.004
- Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J., & Zagami, J. (2016). A K-6 Computational Thinking Curriculum Framework-Implications for Teacher Knowledge. *Educational Technology & Society*, 19(3), 47–57. Ανακτήθηκε από: <http://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.19.3.47>

- Araujo, A., Andrade, W., Dalton D., Guerrero, D., & Melo, M. (2019). How Many Abilities Can We Measure in Computational Thinking?: A Study on Bebras Challenge. Στο *Proceedings of the 50th ACM Technical Symposium on Computer Science Education (SIGCSE '19)* (σσ. 545–551). doi:10.1145/3287324.3287405
- Armoni, M., Meerbaum-Salant, O., & Ben-Ari, M. (2015). From Scratch to “Real” Programming. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(4), 25:1–25:15. doi:10.1145/2677087
- Association for Computing Machinery. (2003). *A Model Curriculum for K-12 Computer Science: Final Report of the ACM K-12 Task Force Curriculum Committee*. Ανακτήθηκε από: <http://ftp.unpad.ac.id/orari/library/library-ref-eng/ref-eng-3/application/education/curriculum/k12final1022.pdf>
- Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students’ computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661–670. doi:10.1016/j.robot.2015.10.008
- Australian Curriculum*. (2016). Ανακτήθηκε από: <http://australiancurriculum.edu.au/>
- Bandura, A. (2001). Social cognitive theory: An agentic perspective. *Annual Review of Psychology*, 52(1), 1–26. doi:10.1146/annurev.psych.52.1.1
- Barcelos, T. S., Costa, G. C., Munoz, R., & Silveira, I. (2014). Informal HCI: Fixing playability issues as a strategy to improve the skills of novice programmers. *IEEE Latin America Trans*, 12(1), 29–35. doi: 10.1109/TLA.2014.6716489
- Barr, D., Harrison, J., & Conery, L. (2011). Computational Thinking: A Digital Age Skill for Everyone. *Learning & Leading with Technology*, 38(6), 20–23. Ανακτήθηκε από: <http://www.iste.org>
- Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing Computational Thinking to K-12: What is Involved and What is the Role of the Computer Science Education Community? *ACM Inroads*, 2(1), 48–54. doi:10.1145/1929887.1929905
- Beecher, K. (2017). *Computational Thinking: A beginner’s guide to problem-solving and programming*. Swindon, UK: BCS Learning & Development Limited.
- Begel, A., & Resnick, M. (1996). *LogoBlocks: A Graphical Programming Language for Interacting with the World*. Ανακτήθηκε από: <http://andrewbegel.com/mit/begel-aup.pdf>

- Bell, T., Witten, I., & Fellows, M. (1998). *Computer Science Unplugged...-Off-line activities and games for all ages*. Ανακτήθηκε από: <http://classic.csunplugged.org/wp-content/uploads/2015/01/unplugged-book-v1.pdf>
- Bellettini, C., Carimati, F., Lonati, V., Macoratti, R., Malchiodi, D., Monga, M., & Morpurgo, A. (2018). A platform for the Italian Bebras. Στο *Proceedings of the 10th international conference on computer supported education (CSEDU 2018) Volume 1* (σσ. 350–357). doi:10.5220/0006775103500357
- Ben-Ari, M. (1998). Constructivism in computer science education. *ACM Inroads*, 30(3), 257–261. doi:10.1145/274790.274308
- Benkler, Y. (2006). *The Wealth of Networks: How Social Production Transforms Markets and Freedom*. doi:10.1177/0894439307301373
- Bennedsen, J., & Caspersen, M. E. (2007). Failure rates in introductory programming. *SIGCSE Bulletin*, 39, 32–36. doi:10.1145/3324888
- Bergin, J., Brodie, K., Patiño-Martínez, M., McNally, M., Naps, T., Rodger, S., ... Jiménez-Peris, R. (1996). An overview of visualization: its use and design: report of the working group in visualization. Στο *Proceedings of the 1st conference on Integrating technology into computer science education (ITiCSE '96)* (σσ. 192–200). doi:10.1145/237477.237647
- Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. *Computers & Education*, 72, 145–157. doi:10.1016/j.compedu.2013.10.020
- Bharuthram, S., & Patel, M. (2017). Co-constructing a rubric checklist with first year university students: A self-assessment tool. *Journal of Applied Language Studies*, 11(4), 35–55. doi:10.17011/apples/urn.201708073430
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education-Implications for policy and practice*. doi:10.2791/792158
- Boik, R. J. (1979). A priori tests in repeated measures designs: Effects of nonsphericity. *Psychometrika*, 46, 241–255. doi:10.1007/bf02293733

- Boom, K. D., Bower, M., Arguel, A., Siemon, J., & Scholkmann, A. (2018). Relationship between computational thinking and a measure of intelligence as a general problem-solving ability. Στο *Proceedings of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education* (σσ. 206–211). doi:10.1145/3197091.3197104
- Boticki, I., Pivalica, D., & Seow, P. (2018). The use of computational thinking concepts in early primary school. *Science*, 2(1). Ανακτήθηκε από: http://bib.irb.hr/datoteka/930955.CTE2018-Boticki_Pivalica_Seow_final_camera_ready.pdf
- Böttcher, A., Thurner, V., Schlierkamp, K., & Zehetmeier, D. (2016). Debugging students' debugging process. Στο *2016 IEEE Frontiers in Education Conference* (σσ. 1–7). doi:10.1109/FIE.2016.7757447
- Brackmann, C., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., & Barone, D. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School. Στο E. Barendsen & P. Hubwieser (Επίμ.), *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '17)* (σσ. 65–72). doi:10.1145/3137065.3137069
- Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. Στο *Proceedings of the 2012 annual meeting of the American educational research association, Vancouver, Canada* (Vol. 1, σ. 25). Ανακτήθηκε από: http://web.media.mit.edu/~kbrennan/files/Brennan_Resnick_AERA2012_CT.pdf
- Brennan, K., Balch, C., & Chung, M. (2014). *Creative Computing Curriculum*. Ανακτήθηκε από: <http://creativecomputing.gse.harvard.edu/guide/>
- Brennan, K., Valverde, A., Prempeh, J., Roque, R., & Chung, M. (2011). More than code: The significance of social interactions in young people's development as interactive media creators. Στο T. Bastiaens & M. Ebner (Επίμ.), *Proceedings of ED-MEDIA 2011-World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications* (σσ. 2147–2156). Lisbon, Portugal: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).
- Brennan, K., & Resnick, M. (2013). Imagining, Creating, Playing, Sharing, Reflecting: How Online Community Supports Young People as Designers of Interactive Media.

- Στο C. Mouza & N. Lavigne (Επίμ.), *Emerging Technologies for the Classroom* (σσ. 253–268). doi:10.1007/978-1-4614-4696-5_17
- Bresnihan, N., Millwood, R., Oldham, E., Strong, G., & Wilson, D. (2015). A critique of the current trend to implement computing in schools. *Pedagogika*, 65(3), 292–300. Ανακτήθηκε από: <http://pages.pedf.cuni.cz/pedagogika/>
- Brown, N. C., Kolling, M., & Altadmri, A. (2015). Lack of keyboard support cripples block-based programming. Στο 2015 *IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond)* (σσ. 59–61). doi:10.1109/blocks.2015.7369003
- Bruckman, A. (1998). Community Support for Constructionist Learning. *Computer Supported Cooperative Work*, 7(1–2), 47–86. doi:10.1023/A:1008684120893
- Buffum, P. S., Lobene, E. V., Frankosky, M. H., Boyer, K. E., Wiebe, E. N., & Lester, J. C. (2015). A practical guide to developing and validating computer science knowledge assessments with application to middle school. Στο *Proceedings of the 46th ACM technical symposium on computer science education* (σσ. 622–627). doi:10.1145/2676723.2677295
- Burke, Q., & Kafai, Y. B. (2012). The writers' workshop for youth programmers: digital storytelling with Scratch in middle school classrooms. Στο *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education* (σσ. 433–438). doi:10.1145/2157136.2157264
- Calao, L. A., Moreno-León, J., Correa, H. E., & Robles, G. (2015). Developing mathematical thinking with Scratch: An experiment with 6th grade students. Στο *Design for Teaching and Learning in a Networked World, 10th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2015)* (σσ. 17–27). doi:10.1007/978-3-319-24258-3_2
- Caracelli, V. J., & Greene, J. C. (1997). Crafting mixed-method evaluation designs. *New directions for evaluation*, 74, 19–32. doi:10.1002/ev.1069
- Carlisle, M. (2004). RAPTOR: Introducing programming to non-majors with flowcharts. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 19(4), 52–60. Ανακτήθηκε από: <http://dl.acm.org/journal/jcsc>

- Carlisle, M. C., Wilson, T. A., Humphries, J. W., & Hadfield, S. M. (2005). RAPTOR. Στο *Proceedings of the 36th SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education-SIGCSE '05* (σσ. 176–180). doi:10.1145/1047344.1047411
- Celani, G., & Verzola Vaz, C. E. (2012). CAD Scripting and Visual Programming Languages for Implementing Computational Design Concepts: A Comparison from a Pedagogical Point of View. *International Journal of Architectural Computing*, 10(1), 121–137. doi:10.1260/1478-0771.10.1.121
- Chang, K., Wu, L., Weng, S., & Sung, Y. (2012). Embedding game-based problem-solving phase into problem posing system for mathematics learning. *Computers & Education*, 58(2), 775–786. doi:10.1016/j.compedu.2011.10.002
- Chatzara, K., Karagiannidis, C., Mavropoulou S., & Stamatis D. (2014). Digital Storytelling for Children with Autism: Software Development and Pilot Application. Στο C. Karagiannidis, P. Politis & I. Karasavvidis (Επίμ.), *Research on e-Learning and ICT in Education* (σσ. 287–300). doi:10.1007/978-1-4614-6501-0_19
- Chatzopoulos, A., Kalogiannakis, M., Papoutsidakis, M., Psycharis, S., & Papachristos, D. (2020). Measuring the Impact on Student's Computational Thinking Skills Through STEM and Educational Robotics Project Implementation. Στο M. Kalogiannakis & S. Papadakis (Επίμ.), *Handbook of Research on Tools for Teaching Computational Thinking in P-12 Education* (σσ. 238–288). doi:10.4018/978-1-7998-4576-8.ch010
- Chiazzese, G., Arrigo, M., Chifari, A., Lonati, V., & Tosto, C. (2018). Exploring the effect of a robotics laboratory on computational thinking skills in primary school children using the bebras tasks. Στο *Proceedings of the Sixth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (σσ. 25–30). doi:10.1145/3284179.3284186
- Chmiel, R., & Loui, M. (2004). Debugging: From novice to expert. *ACM Inroads*, 36(1), 17–21. doi:10.1145/1028174.971310
- Cochran, W. G. (1950). The comparison of percentages in matched samples. *Biometrika*, 37, 256–266. doi:10.2307/2332378
- CODE@SG Movement. (2017). *Developing Computational Thinking as a National Capability*. Ανακτήθηκε από: <http://www.imda.gov.sg/industry->

development/highlights/talent-development/codesg-movement-developing-computational-thinking-as-a-national-capability

Cohen, J. (1977). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. doi:10.1016/c2013-0-10517-x

Cohoon, J. M., & Aspray, W. (2006). *Women and Information Technology: Research on Underrepresentation*. Cambridge: MIT Press.

CollegeBoard, A. P. (2017). *Computer Science Principles*. Ανακτήθηκε από: <http://apcentral.collegeboard.org/pdf/ap-computer-science-principles-course-and-exam-description.pdf>

Computer Science Teachers Association (CSTA) and the International Society for Technology in Education (ISTE). (2011). *Computational Thinking: Teacher Resources. Second Edition*. Ανακτήθηκε από: http://www.iste.org/docs/ct-documents/ct-teacher-resources_2ed-pdf.pdf?sfvrsn=2

Computer Science Teachers Association (CSTA) and the International Society for Technology in Education (ISTE). (2015). *Computational Thinking leadership Toolkit*. Ανακτήθηκε από: <http://www.iste.org/docs/ct-documents/ct-leadership-toolkit.pdf?sfvrsn=4>

Cooper, S., Dann, W., & Pausch, R. (2000). Alice: A 3-D tool for introductory programming concepts. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 15(5), 107–116. Ανακτήθηκε από: <http://dl.acm.org/journal/jcsc>

Creswell, J. W., & Plano Clark, V. L. (2007). *Designing and conducting mixed methods research*. Thousand Oaks, CA: Sage.

Csizmadia, A., Curzon, P., Dorling, M., Humphreys, S., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2015). *Computational thinking-A guide for teachers*. Ανακτήθηκε από: <http://community.computingatschool.org.uk/files/6695/original.pdf>

CSTA Standards Task Force. (2016). *[Interim] CSTA K-12 Computer Science Standards*. Ανακτήθηκε από: <http://media.touchnew.net/ebook/CSTA%20K-12%20Computer%20Science%20Standards%202016.pdf>

Curzon, P., Dorling, M., Ng, T., Selby, C., & Woollard, J. (2014). *Developing computational thinking in the classroom: A framework*. Ανακτήθηκε από: <http://eprints.soton.ac.uk/id/eprint/369594>

- Dagiene, V., & Stupuriene, G. (2016). Bebras-a Sustainable Community Building Model for the Concept Based Learning of Informatics and Computational Thinking. *Informatics in Education*, 15(1), 25–44. doi:10.15388/infedu.2016.02
- Dann, W., Cosgrove, D., Slater, D., Culyba, D., & Cooper, S. (2012). Mediated transfer. Στο *Proceedings of the 43rd ACM Technical Symposium on Computer Science Education-SIGCSE '12* (σσ. 141–146). doi:10.1145/2157136.2157180
- Dasgupta, S., Hale, W., Monroy-Hernández, A., & Hill, B. M. (2016). Remixing as a pathway to computational thinking. Στο *Proceedings of the 19th ACM conference on computer-supported cooperative work & social computing* (σσ. 1438–1449). doi:10.1145/2818048.2819984
- de Souza, A. A., Barcelos, T. S., Munoz, R., Villarroel, R., & Silva, L.A. (2019). Data Mining Framework to Analyze the Evolution of Computational Thinking Skills in Game Building Workshops. *IEEE Access*, 7, 82848–82866. doi:10.1109/ACCESS.2019.2924343
- Denner, J., Werner, L., & Ortiz, E. (2012). Computer games created by middle school girls: Can they be used to measure understanding of computer science concepts? *Computers & Education*, 58(1), 240–249. doi:10.1016/j.compedu.2011.08.006.
- Denner, J., Werner, L., Campe, S., & Ortiz, E. (2014). Pair programming: Under what conditions is it advantageous for middle school students? *Journal of Research on Technology in Education*, 46(3), 277–296. doi:10.1080/15391523.2014.888272
- Denning, P. (1999). *Computer Science: The Discipline*. Ανακτήθηκε από: <http://denninginstitute.com/pjd/PUBS/ENC/cs99.pdf>
- Denning, P. (2009). The profession of IT: Beyond computational thinking. *Communications of the ACM*, 52(6), 28–30. doi:10.1145/1516046.1516054
- Denning, P. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33–39. doi:10.1145/2998438
- Dewey, J. (1938). *Experience and education*. New York, NY: Siman and Schuster.
- Di Mascio, T., Gennari, R., Melonio, A., & Vittorini, P. (2012). Visual representations of narratives for poor comprehenders. Στο P. Vittorini, R. Gennari, I. Marenzi, F. De la Prieta & J. Rodríguez (Επίμ.), *International Workshop on Evidence-Based TEL* (σσ. 91–98). doi:10.1007/978-3-642-28801-2_11

- Digital Storytelling Association. (2011). *Digital storytelling*. Ανακτήθηκε από:
<http://electronicportfolios.com/digistory/>
- Dijkstra, E. (1979). *My hopes for computing science*. Ανακτήθηκε από:
<http://www.cs.utexas.edu/users/EWD/ewd07xx/EWD709.PDF>
- diSessa, A. A. (2000). *Changing minds: Computers, learning and literacy*.
 doi:10.7551/mitpress/1786.001.0001
- Djambong, T., & Freiman, V. (2016). Task-based assessment of students' computational thinking skills developed through visual programming or tangible coding environments. Στο *Proceedings of 13th International Conference on Cognition and Exploratory Learning in Digital Age (CELDA 2016)* (σσ. 41–51). Ανακτήθηκε από:
<http://eric.ed.gov/>
- Doleck, T., Bazelais, P., Lemay, D. J., Saxena, A., & Basnet, R. B. (2017). Algorithmic thinking, cooperativity, creativity, critical thinking, and problem solving: exploring the relationship between computational thinking skills and academic performance. *Journal of Computers in Education*, 4(4), 355–369. doi:10.1007/s40692-017-0090-9
- Doube, W., & Lang, C. (2012). Gender and stereotypes in motivation to study computer programming for careers in multimedia. *Computer Science Education*, 22(1), 63–78. doi:10.1080/08993408.2012.666038
- Ducassè, M., & Emde, A. M. (1988). A review of automated debugging systems: Knowledge, strategies and techniques. Στο W. Schäfer & P. Botella (Επίμ.), *Proceedings of the 10th international conference on software engineering* (σσ. 162–171). doi:10.1109/icse.1988.93698
- Durak, H. Y., & Saritepeci, M. (2018). Analysis of the relation between computational thinking skills and various variables with the structural equation model. *Computers & Education*, 116(C), 191–202. doi:10.1016/j.compedu.2017.09.004
- Esteves, M., Fonseca, B., Morgado, L., & Martins, P. (2008). Contextualization of programming learning: A virtual environment study. Στο *Proceedings of the 38th Annual Frontiers in Education Conference* (σσ. F2A-17–F2A-22). doi:10.1109/fie.2008.4720544

- European Commission. (2016). *A New Skills Agenda for Europe-Working together to strengthen human capital, employability and competitiveness*. Ανακτήθηκε από: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0381&from=EN>
- Faber, H., Wierdsma, M., Doornbos, R., Van der Ven, J., & De Vette, K. (2017). Teaching Computational Thinking to Primary School Students via Unplugged Programming Lessons. *Journal of the European Teacher Education Network*, 12, 13–24. Ανακτήθηκε από: <http://www.etenonline.org>
- Falloon, G. (2016). An analysis of young students' thinking when completing basic coding tasks using Scratch Jnr. On the iPad. *Journal of Computer Assisted Learning*, 32(6), 576–593. doi:10.1111/jcal.12155
- Falloon, G. (2019). The pros and cons of using display capture technology for data collection with young children. Στο *The Routledge international handbook of learning with technology in early childhood* (σσ. 30–46). doi:10.4324/9781315143040-3
- Feaster, Y., Segars, L., Wahba, S., & Hallstrom, J. (2011). Teaching CS unplugged in the high school (with limited success). Στο *Proceedings of the 16th annual joint conference on Innovation and technology in computer science education (ITiCSE '11)* (σσ. 248–252). doi:10.1145/1999747.1999817
- Fessakis G., Komis V., Mavroudi E., & Prantsoudi S. (2018). Exploring the Scope and the Conceptualization of Computational Thinking at the K-12 Classroom Level Curriculum. Στο M. Khine (Επίμ.), *Computational Thinking in the STEM Disciplines* (σσ. 181–212). doi:10.1007/978-3-319-93566-9_10
- Fessakis, G., & Prantsoudi, S. (2019). Computer Science Teachers' Perceptions, Beliefs and Attitudes on Computational Thinking in Greece. *Informatics in Education*, 18(2), 227–258. doi:10.15388/infedu.2019.11
- Fessakis, G., Gouli, E., & Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5–6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers & Education*, 63, 87–97. doi:10.1016/j.compedu.2012.11.016

- Feurzeig, W., & Papert, S. A. (2011). Programming-languages as a conceptual framework for teaching mathematics. *Interactive Learning Environments*, 19(5), 487–501. doi:10.1145/965754.965757
- Fields, D. A., Kafai, Y. B., & Giang, M. T. (2017). Youth computational participation in the wild: Understanding experience and equity in participating and programming in the online scratch community. *ACM Transactions on Computing Education*, 17(3), 1–22. doi:10.1145/3123815
- Fitzgerald, S., Lewandowski, G., McCauley, R., Murphy, L., Simon, B., Thomas, L., & Zander, C. (2008). Debugging: Finding, fixing and flailing, a multi-institutional study of novice debuggers. *Computer Science Education*, 18(2), 93–116. doi:10.1080/08993400802114508
- Flórez, F. B., Casallas, R. Hernández, M., Reyes, A., Restrepo, S., & Danies, G. (2017). Changing a Generation's Way of Thinking: Teaching Computational Thinking Through Programming. *Review of Educational Research*, 87(4), 834–860. doi:10.3102/0034654317710096
- Fraser, N. (2015). Ten things we've learned from Blockly. Στο *Proceedings of the 2015 IEEE Blocks and Beyond Workshop (Blocks and Beyond)* (σσ. 49–50). doi:10.1109/BLOCKS.2015.7369000
- French Academy of Sciences. (2013). *Teaching computer science in France, tomorrow can't wait*. Ανακτήθηκε από: http://www.academie-sciences.fr/pdf/rapport/rads_0513gb.pdf
- Furber, S. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. London, UK: The Royal Society.
- Gaito, J. (1961). Repeated measurements designs and counterbalancing. *Psychological Bulletin*, 58(1), 46–54. doi:10.1037/h0046169
- Garneli, V., & Chorianopoulos, K. (2018). Programming video games and simulations in science education: exploring computational thinking through code analysis. *Interactive Learning Environments*, 26(3), 386–401. doi:10.1080/10494820.2017.1337036

- Ginat, D., & Shmalo, R. (2013, March). Constructive use of errors in teaching CS1. Στο *Proceedings of the 44th ACM technical symposium on Computer science education* (σσ. 353–358). doi:10.1145/2445196.2445300
- Gould, J. (1975). Some psychological evidence on how people debug computer programs. *International Journal of Man–Machine Studies*, 7(1), 151–182. doi:10.1016/s0020-7373(75)80005-8
- Gould, J., & Drongowski, P. (1974). An exploratory study of computer program debugging. *Human Factors*, 16, 258–277. doi:10.1177/001872087401600308
- Griffin, J. M. (2016). Learning by taking apart: deconstructing code by reading, tracing, and debugging. Στο *Proceedings of the 17th Annual Conference on Information Technology Education* (σσ. 148–153). doi:10.1145/2978192.2978231
- Grover, S. (2011). Robotics and engineering for middle and high school students to develop computational thinking. Στο *Annual Meeting of the American Educational Research Association*. Ανακτήθηκε από: <http://pdfs.semanticscholar.org/69a7/c5909726eed5bd66719aad69565ce46bbdcc.pdf>
- Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. doi:10.3102/0013189X12463051
- Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking: A competency whose time has come. Στο S. Sentance, E. Barendsen & C. Schulte (Επίμ.), *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning* (σσ.19-38). London: Bloomsbury.
- Grover, S., Cooper, S., & Pea, R. (2014). Assessing Computational Learning in K-12. Στο *Proceedings of the 2014 Conference on Innovation; Technology in Computer Science Education* (σσ. 57–62). doi:10.1145/2591708.2591713
- Grover, S., Pea, R., & Cooper, S. (2015). Designing for deeper learning in a blended computer science course for middle school students. *Computer Science Education*, 25(2), 199–237. doi:10.1080/08993408.2015.1033142
- Grover, S., Pea, R., & Cooper, S. (2016). Factors influencing computer science learning in middle school. Στο *Proceedings of the 47th ACM Technical Symposium on Computing Science Education* (σσ. 552–557). doi:10.1145/2839509.2844564

- Guzdial, M. (2008). Paving the way for computational thinking. *Communications of the ACM*, 51(8), 25–27. doi:10.1145/1378704.1378713
- Guzdial, M. (2011). A Definition of Computational Thinking from Jeannette Wing. *Computing Education Blog*. Ανακτήθηκε από: <http://computinged.wordpress.com/2011/03/22/a-definition-of-computational-thinking-from-jeanette-wing/>
- Guzdial, M. (2015). Learner-centered design of computing education: research on computing for everyone. *Synthesis Lectures on Human Centered Informatics*, 8(6), 1–165. doi:10.2200/S00684ED1V01Y201511HCI033
- Hall, M.S. (2007). Raptor: nifty tools. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 23(1), 110–111. Ανακτήθηκε από: <http://dl.acm.org/journal/jcsc>
- Harrison A., Hulse T., Manzo D., Micciolo M., Ottmar E., & Arroyo I. (2018). Computational Thinking Through Game Creation in STEM Classrooms. Στο C. Penstein Rosé κ.ά. (Επίμ.) *Artificial Intelligence in Education-Lecture Notes in Computer Science* (σσ. 134–138). doi:10.1007/978-3-319-93846-2_24
- Harvey, B., & Mönig, J. (2010). Bringing “no ceiling” to Scratch: Can one language serve kids and computer scientists? Στο J. Clayson & I. Kalas (Επίμ.), *Proceedings of Constructionism 2010 Conference* (σσ. 1–10). Ανακτήθηκε από: <http://people.eecs.berkeley.edu/~bh/BYOB.pdf>
- Hemmendinger, D. (2010). A plea for modesty. *ACM Inroads*, 1(2), 4–7. doi:10.1145/1805724.1805725
- Hill, B. M., & Monroy-Hernández, A. (2013). The remixing dilemma: The trade-off between generativity and originality. *American Behavioral Scientist*, 57(5), 643–663. doi:10.1177/0002764212469359
- Hooshyar, D., Ahmad, R. B., Nasir, M., Shamshirband, S., & Horng, S. (2015). Flowchart-based programming environments for improving comprehension and problem-solving skill of novice programmers: a survey. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*. 7(1), 24–56. doi:10.1504/IJAIP.2015.070343
- Howell, D. C. (2010). *Statistical methods for psychology* (7th ed.). Belmont, CA: Wadsworth.

- Hromkovic, J. (2006). Contributing to general education by teaching informatics. Στο *Proceedings of the 2006 international conference on Informatics in Secondary Schools-Evolution and Perspectives: the Bridge between Using and Understanding Computers (ISSEP'06)* (σσ. 25–37). doi:10.1007/11915355_3
- Huang, K., Yang, T., & Cheng, C. (2013). Engineering to see and move: Teaching computer programming with flowcharts vs Lego robots. *iJET*, 8(4), 23–26. doi:10.3991/ijet.v8i4.2943
- Hubwieser, P., & Mühling, A. M. (2014). Playing PISA with Bebras. Στο *WiPSCE '14, Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (σσ. 128–129). doi:10.1145/2670757.2670759
- Informatics Europe & ACM Europe Working Group on Informatics Education. (2013). *Informatics education: Europe cannot afford to miss the boat*. Ανακτήθηκε από: <http://www.informatics-europe.org/images/documents/informatics-education-acm-ie.pdf>
- Jenkins, H. (2009). *Confronting the challenges of participatory culture: Media education for the 21st century*. doi:10.7551/mitpress/8435.001.0001
- Jenkins, T. (2002). On the difficulty of learning to program. Στο *Proceedings of the 3rd Annual Conference of the LTSN Centre for Information and Computer Sciences* (Vol. 4, No. 2002, σσ. 53–58). Ανακτήθηκε από: <http://www.ics.ltsn.ac.uk/pub/conf2002/jenkins.html>
- Jenson, J., & Droumeva, M. (2016). Exploring media literacy and computational thinking: A game maker curriculum study. *The Electronic Journal of e-Learning*, 14(2), 111–121. Ανακτήθηκε από: <http://eric.ed.gov/>
- Johnson, W., & Soloway, E. (1984). PROUST: Knowledge-based program understanding. Στο T. Straeter, W. Howden & J. Rault (Επίμ.), *Proceedings of the 7th international conference on software engineering* (σσ. 369–380). doi:10.1109/tse.1985.232210
- Jones, E. (2006). *The trouble with computational thinking*. Ανακτήθηκε από: <http://c.ymcdn.com/sites/www.csteachers.org/resource/resmgr/JonesCTOnePager.pdf>

- Kafai, Y. (2006). Playing and Making Games for Learning: Instructionist and Constructionist Perspectives for Game Studies. *Games and Culture*, 1(1), 36–40. doi:10.1177/1555412005281767
- Kafai, Y. (2016). From computational thinking to computational participation in K-12 education. *Communications of the ACM*, 59(8), 26–27. doi:10.1145/2955114
- Kalelioğlu, F., & Gülbahar, Y. (2014). The effects of teaching programming via Scratch on problem solving skills: A discussion from learners' perspective. *Informatics in Education*, 13(1), 33–50. Ανακτήθηκε από: <http://eric.ed.gov/>
- Kalelioğlu, F., Gülbahar, Y., & Kukul, V. (2016). A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing*, 4(3), 583–596. Ανακτήθηκε από: <http://www.bjmc.lu.lv/>
- Kalogiannakis, M., & Kanaki, K. (2020). Introducing Computational Thinking Unplugged in Early Childhood Education Within the Context of Physical and Natural Science Courses: A Pilot Study in Greece. Στο J. Keengwe & P. Wachira (Επίμ.), *Handbook of Research on Integrating Computer Science and Computational Thinking in K-12 Education* (σσ. 164–190). doi:10.4018/978-1-7998-1479-5.ch010
- Kay, A., & Goldberg, A. (1977). Personal dynamic media. *IEEE Computer*, 10(3), 31–41. doi:10.1109/c-m.1977.217672
- Kebritchi, M., Hirumi, A., & Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. *Computers & Education*, 55(2), 427–443. doi:10.1016/j.compedu.2010.02.007
- Keen, A. (2007). *The Cult of the Amateur: How Today's Internet is Killing Our Culture*. doi:10.3233/ip-2010-0210
- Kelleher, C., & Pausch, R. (2007). Using storytelling to motivate programming. *Communications of the ACM*, 50(7), 58–64. doi:10.1145/1272516.1272540
- Kessler, C., & Anderson, J. (1986). A model of novice debugging in LISP. Στο *Papers presented at the first workshop on empirical studies of programmers on Empirical studies of programmers* (σσ. 198–212). Ανακτήθηκε από: http://act-r.psy.cmu.edu/wordpress/wp-content/uploads/2012/12/220kessler_and_anderson_lisp_debug.pdf

- Kim H. Y. (2013). Statistical notes for clinical researchers: assessing normal distribution (2) using skewness and kurtosis. *Restorative dentistry & endodontics*, 38(1), 52–54. doi:10.5395/rde.2013.38.1.52
- Knuth, D. (1974). Computer science and its relation to mathematics. *American Mathematical Monthly*, 81(4), 323–343. doi:10.2307/2318994
- Kolling, M., Brown, N. C., & Altadmri, A. (2015). Frame-based editing: Easing the transition from blocks to text-based programming. Στο *Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE'15)* (σσ. 29–38). doi:10.1145/2818314.2818331
- Komis, V., Romero, M., & Misirli, A. (2017). A scenario-based approach for designing educational robotics activities for co-creative problem solving. Στο D. Alimisis, M. Moro & E. Menegatti (Επίμ.), *Educational Robotics in the Makers Era* (σσ. 158–169). doi:10.1007/978-3-319-55553-9_12
- Korkmaz, O., Cakir, R., & Yasar Ozden, M. (2017). A validity and reliability study of the computational thinking scales (CTS). *Computers in Human Behavior*, 72(C), 558–569. doi:10.1016/j.chb.2017.01.005
- Koschmann, T. (1997). LOGO-as-Latin Redux. *The Journal of the Learning Sciences*, 6(4), 409–415. doi:10.2307/1466780
- Kucirkova, N., & Falloon, G. (2018). iPad apps and visual methodologies: Empirical and ethical issues in achieving authentic data. *Research in Learning Technology*, 26(0). doi:10.25304/rlt.v26.2029
- Kurland, D. M., Pea, R., Clement, C., & Mawby, R. (1986). A study of the development of programming ability and thinking skills in high school students. *Journal of Educational Computing Research*, 2(4), 429–458. doi:10.2190/BKML-B1QV-KDN4-8ULH
- Lahtinen, E., Mutka, K., & Jarvinen, H. (2005). A study of the difficulties of novice programmers. *ACM SIGCSE Bulletin*, 37(3), 14–18. doi:10.1145/1151954.1067453
- Lambert, L., & Guiffre, H. (2009). Computer science outreach in an elementary school. *Journal of Computing Sciences in colleges*, 24(3), 118–124. Ανακτήθηκε από: <http://dl.acm.org/journal/jcsc>
- Lanier, J. (2010). *You Are Not a Gadget: A Manifesto*. New York: Knopf.

- Laurson, M., Kuuskankare, M., & Norilo, V. (2009). An Overview of PWGL, a Visual Programming Environment for Music. *Computer Music Journal*, 33(1), 19–31. doi:10.1162/comj.2009.33.1.19
- Lee, I, Martin, F., & Apone, K. (2014). Integrating Computational Thinking across the K-8 Curriculum. *ACM Inroads*, 5(4), 64–71. doi:10.1145/2684721.2684736
- Lee, I., Martin, F., Denner, J., Coulter, B., Allan, W., Erickson, ... Werner, L. (2011). Computational thinking for youth in practice. *ACM Inroads*, 2(1), 32–37. doi:10.1145/1929887.1929902
- Lee, M. J. (2015). *Teaching and Engaging with Debugging Puzzles* (Διδακτορική Διατριβή) Ανακτήθηκε από: <http://digital.lib.washington.edu/researchworks/handle/1773/33985>
- Leitão, A., Santos, L., & Lopes, J. (2012). Programming Languages for Generative Design: A Comparative Study. *International Journal of Architectural Computing*, 10(1), 139–162. doi:10.1260/1478-0771.10.1.139
- Leonard, J., Buss, A., Gamboa, R., Mitchell, M., Fashola, O. S., Hubert, T., & Almughyirah, S. M. (2016). Using robotics and game design to enhance children's STEM attitudes and computational thinking skills. *Journal of Science Education and Technology*, 28(6), 860–876. doi:10.1007/s10956-016-9628-2
- Lessig, L. (2008). *Remix: Making art and commerce thrive in the hybrid economy*. doi:10.5040/9781849662505
- Lewis, C. M. (2010). How programming environment shapes perception, learning and goals: LOGO vs. Scratch. Στο *Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (σσ. 346–350). doi:10.1145/1734263.1734383
- L'Heureux, J., Boisvert, D., Cohen, R., & Sanghera, K. (2012). IT problem solving: an implementation of computational thinking in information technology. Στο *Proceedings of the 13th annual conference on Information technology education* (σσ. 183–188). doi:10.1145/2380552.2380606
- Li, Q. (2010). Digital game building: Learning in a participatory culture. *Educational Research*, 52(4), 427–443. doi:10.1080/00131881.2010.524752

- Liu, Z., Zhi, R., Hicks, A., & Barnes, T. (2017). Understanding problem solving behavior of 6–8 graders in a debugging game. *Computer Science Education*, 27(1), 1–29. doi:10.1080/08993408.2017.1308651
- Lockwood, J., & Mooney, A. (2018a). Computational Thinking in Education: Where does it fit? A systematic literary review. *International Journal of Computer Science Education in Schools*, 2(1), 41–60. doi:10.21585/ijcses.v2i1.26
- Lockwood, J., & Mooney, A. (2018b). Developing a Computational Thinking Test using Bebras problems. Στο Α. Piotrkowicz κ.ά. (Επίμ.), *Joint Proceedings of the CC-TEL 2018 and TACKLE 2018 Workshops, co-located with 13th European Conference on Technology Enhanced Learning (EC-TEL 2018)*. Ανακτήθηκε από: <http://ceur-ws.org>
- Lu, J. J., & Fletcher, G. H. (2009). Thinking about computational thinking. Στο *Proceedings of the 40th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (σσ. 260–264). doi:10.1145/1508865.1508959
- Luo, D. (2005). Using constructivism as a teaching model for computer science. *The China Papers*, 5, 36–40. Ανακτήθηκε από: http://science.uniserve.edu.au/pubs/china/vol5/CP5_itcs_02.pdf
- Lye, S. Y., & Koh, J. H. L. (2014). Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12? *Computers in Human Behavior*, 41(December 2014), 51–61. doi:10.1016/j.chb.2014.09.012
- Malan, D., & Leitner, H. (2007). Scratch for budding computer scientists. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(1), 223–227. doi:10.1145/1227504.1227388
- Maloney, J. H., Peppler, K., Kafai, Y., Resnick, M., & Rusk, N. (2008). Programming by choice: Urban youth learning programming with Scratch. *ACM SIGCSE Bulletin*, 40(1), 367–371. doi:10.1145/1352135.1352260
- Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The Scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education*, 10(4), 1–16. doi:10.1145/1868358.1868363
- Mannila, L., Dagiene, V., Demo, B., Grgurina, N., Mirolo, C., Rolandsson, L., & Settle, A. (2014). Computational Thinking in K-9 Education. Στο Α. Clear Clear & R. Lister (Επίμ.), *Proceedings of the Working Group Reports of the 2014 on Innovation &*

- Technology in Computer Science Education Conference (ITiCSE-WGR '14)* (σσ. 1–29). doi:10.1145/2713609.2713610
- Massachusetts Department of Education. (2006). *Massachusetts science and technology/engineering curriculum framework*. Ανακτήθηκε από: <http://www.doe.mass.edu/frameworks/scitech/2016-04.pdf>
- McCauley, R., Fitzgerald, S., Lewandowski, G., Murphy, L., Simon, B., Thomas, L., & Zander, C. (2008). Debugging: a review of the literature from an educational perspective. *Computer Science Education*, 18(2), 67–92. doi:10.1080/08993400802114581
- Meerbaum-Salant, O., Armoni, M., & Ben-Ari, M. M. (2010). Learning computer science concepts with Scratch. Στο *Proceedings of the 6th International Workshop on Computing Education Research* (σσ. 69–76). doi:10.1145/1839594.1839607
- Metzger, R. (2004). *Debugging by thinking: A multidisciplinary approach*. Burlington, MA: Elsevier Digital Press.
- Michaeli, T., & Romeike, R. (2019). Improving Debugging Skills in the Classroom: The Effects of Teaching a Systematic Debugging Process. Στο *Proceedings of the 14th Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE'19)* (Article 15, σσ. 1–7). doi:10.1145/3361721.3361724
- Miliszewka, I., & Tan, G. (2007). Befriending computer programming: A proposed approach to teaching introductory programming. *Issues in Informing Science & Information Technology*, 4, 277–289. doi:10.28945/950
- Miljanovic, M., & Bradbury, J. S. (2017). RoboBUG: A Serious Game for Learning Debugging Techniques. Στο *Proceedings of the 2017 ACM Conference on International Computing Education Research (ICER '17)* (σσ. 93–100). doi:10.1145/3105726.3106173
- Mishler, E. G. (1996). *Συνέντευξη Έρευνας* (P. Ντενίτζ, Μετ.). Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Monahan T., & Fisher J. A. (2010). Benefits of 'Observer Effects': Lessons from the Field. *Qualitative Research*, 10(3), 357–376. doi:10.1177/1468794110362874
- Moreno-León, J. Robles, G., & Román-González, M. (2015). Dr. scratch: Automatic analysis of scratch projects to assess and foster computational thinking. *Revista de Educación a Distancia*, 46(10), 1–23. doi:10.6018/red/46/10

- Moreno-León, J. Robles, G., & Román-González, M. (2016). Comparing computational thinking development assessment scores with software complexity metrics. Στο *Proceedings of the IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON 2016)* (σσ. 1040–1045). doi:10.1109/educn.2016.7474681
- Moreno-León, J., & Robles, G. (2015). Dr. Scratch: a Web Tool to Automatically Evaluate Scratch Projects. Στο *Proceedings of the Workshop in Primary and Secondary Computing Education (WiPSCE '15)* (σσ. 132–133). doi:10.1145/2818314.2818338
- Moreno-León, J., Robles, G., & Román-González, M. (2017). Can we Measure Computational Thinking with Tools? Present and Future of Dr. Scratch. Στο *Proceedings of the Seminar Series on Advanced Techniques and Tools for Software Evolution SATToSE 2017*. Ανακτήθηκε από: http://sattose.wdfiles.com/local--files/2017:schedule/SATToSE_2017_paper_5.pdf
- Moreno-León, J., Román-González, M., & Robles, G. (2018). On computational thinking as a universal skill: A review of the latest research on this ability. Στο *2018 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (σσ. 1684–1689). doi:10.1109/educn.2018.8363437
- Mullins, P., Whitfield, D., & Conlon, M. (2009). Using Alice 2.0 as a first language. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 24(3), 136–143. Ανακτήθηκε από: <http://dl.acm.org/journal/jcsc>
- National Research Council (NRC). (2010). *Committee for the Workshops on Computational Thinking: Report of a workshop on the scope and nature of computational thinking*. Washington, DC: National Academies Press.
- National Research Council (NRC). (2011). *Committee for the Workshops on Computational Thinking: Report of a workshop of pedagogical aspects of computational thinking*. Washington, DC: National Academies Press.
- Newell, A., Perlis, A. J., & Simon, H. A. (1967). Computer Science. *Science*, 157(3795), 1373–1374. doi:10.1126/science.157.3795.1373-b
- Pane, J., & Myers, B. (1996). *Usability issues in the design of novice programming system (Technical Report CMU-CS-96-132)*. Ανακτήθηκε από: <http://repository.cmu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1818&context=isr>

- Papert, S. (1976). *Some Poetic and Social Criteria for Education Design. Technical Report 373*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95–123. doi:10.1007/bf00191473
- Pardamean B., Suparyanto T., & Evelyn. (2015). Improving problem-solving skills through LOGO programming language. *The New Educational Review*, 41(3), 52–64. doi:10.15804/tner.2015.41.3.04
- Parker, B. (2011). Teaching experiences with Alice for high school students. *Journal of Computing Sciences in Colleges*, 27(2), 148–155. Ανακτήθηκε από: <http://dl.acm.org/journal/jcsc>
- Pau, R., Hall, W., & Grace, M. (2011). “It’s boring”: Female students’ experience of studying ICT and computing. *School Science Review*, 92(341), 89–94. Ανακτήθηκε από: <http://www.ase.org.uk/resources/school-science-review>
- Pea, R. (1986). Language-independent conceptual bugs in novice programming. *Journal of Educational Computing Research*, 2(1), 25–36. doi:10.2190/689t-1r2a-x4w4-29j
- Pellas, N., & Vosinakis, S. (2018). The effect of simulation games on learning computer programming: A comparative study on high school students’ learning performance by assessing computational problem-solving strategies. *Education and Information Technologies*, 23(6), 2423–2452. doi:10.1007/s10639-018-9724-4
- Peng, H. (2012). Algo.Rhythm: computational thinking through tangible music device. Στο Stephen N. Spencer (Επίμ.), *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction (TEI '12)* (σσ. 401–402). doi:10.1145/2148131.2148234
- Perkins, D., & Martin, F. (1986). Fragile knowledge and neglected strategies in novice programmers. Στο E. Soloway & S. Iyengar (Επίμ.), *Empirical studies of programmers* (σσ. 213–229). Norwood, NJ: Ablex.
- Perlis, A. (1962). The computer in the university. Στο M. Greenberger (Επίμ.), *Computers and the World of the Future* (σσ. 180–219). Cambridge, MA: MIT Press

- Piteira, M., & Costa, C. (2012). Computer programming and novice programmers. Στο *Proceedings of the Workshop on Information Systems and Design of Communication (ISDOC '12)* (σσ. 51–53). doi:10.1145/2311917.2311927
- Pokress, S. C., & Veiga, J. J. D. (2013). MIT App Inventor: Enabling Personal Mobile Computing. Στο *Proceedings of PProMoTo 2013*. Ανακτήθηκε από: http://appinventor.mit.edu/explore/resources/personal_mobile_computing
- Polya, G. (1945). *How to solve it*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Popat, S., & Starkey, L. (2019). Learning to code or coding to learn? A systematic review. *Computers & Education*, 128(January 2019), 365–376. doi:10.1016/j.compedu.2018.10.005
- Powell, A. (1997). Capturing, Examining, and Responding to Mathematical Thinking through Writing, *The Clearing House*, 71(1), 21–25, doi:10.1080/00098659709599317
- Powers, K., Ecott, S., & Hirshfield, L. M. (2007). Through the looking glass. *ACM SIGCSE Bulletin*, 39(1), 213–217. doi:10.1145/1227504.1227386
- Price, E. (2015). *Small Basic: The History of the LOGO Turtle*. Ανακτήθηκε από: http://blogs.msdn.microsoft.com/user_ed/2015/01/26/small-basic-the-history-of-the-logo-turtle/
- Price, T. W., & Barnes, T. (2015). Comparing textual and block interfaces in a novice programming environment. Στο *Proceedings of the 11th Annual International Conference on International Computing Education Research (ICER'15)* (σσ. 91–99). doi:10.1145/2787622.2787712
- Proctor, C. (2019). *Measuring the computational in computational participation: Debugging interactive stories in middle school computer science*. Ανακτήθηκε από: http://chrisproctor.net/media/publications/proctor_2019_measuring_computational.pdf
- Pugalee, D. K. (2001). Writing, mathematics, and metacognition: Looking for connections through students' work in mathematical problem solving. *School science and mathematics*, 101(5), 236–245. doi:10.1111/j.1949-8594.2001.tb18026.x

- Pugalee, D. K. (2004). A Comparison of Verbal and Written Descriptions of Students' Problem Solving Processes. *Educational Studies in Mathematics*, 55(1–3), 27–47. doi:10.1023/B:EDUC.0000017666.11367.c7
- Qualls, J., & Sherrel, B. (2010). Why computational thinking should be integrated into the curriculum. *Journal of Computer Science Colleges*, 25(5), 66–71. Ανακτήθηκε από: <http://dl.acm.org/journal/jcsc>
- Reddy, Y. M., & Andrade, H. (2010). A review of rubric use in higher education. *Assessment & evaluation in higher education*, 35(4), 435–448. doi:10.1080/02602930902862859
- Repenning, A., Webb, D., & Ioannidou, A. (2010). Scalable game design and the development of a checklist for getting computational thinking into public schools. Στο *Proceedings of the 41st ACM technical symposium on computer science education* (σσ. 265–269). doi:10.1145/1734263.1734357
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., ... Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60–67. doi:10.1145/1592761.1592779
- Robertson, T., Prabhakararao, S., Burnett, M., Cook, C., Ruthruff, J., Beckwith, L., & Phalgune, A. (2004). Impact of interruption style on end-user debugging. Στο E. Dykstra-Erickson & M. Tscheligi (Επίμ.), *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (σσ. 287–294). doi:10.1145/985692.985729
- Robin, B. R. (2008). Digital storytelling: A powerful technology tool for the 21st century classroom. *Theory into practice*, 47(3), 220–228. doi:10.1080/00405840802153916
- Robson, C. (2007). *Η έρευνα του πραγματικού κόσμου* (Β. Π. Νταλάκου & Κ. Βασιλικού, Μετ.) Αθήνα: Gutenberg.
- Rodriguez, B., Kennicutt, S., Rader, C., & Camp, T. (2017). Assessing Computational Thinking in CS Unplugged Activities. Στο *Proceedings of the 2017 ACM SIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education* (σσ. 501–506). doi:10.1145/3017680.3017779
- Rojas-López, A., & García-Peñalvo, F. J. (2018). Learning scenarios for the subject methodology of programming from evaluating the computational thinking of new

- students. *IEEE-Revista Iberoamericana De Tecnologias Del Aprendizaje*, 13(1), 30–36. doi:10.1109/rita.2018.2809941
- Román-González, M. (2015). Computational Thinking Test: Design Guidelines and Content Validation. Στο *Proceedings of EDULEARN15* (σσ. 2436–2444). doi:10.13140/RG.2.1.4203.4329
- Román-González, M., Moreno-León, J., & Robles, G. (2019). Combining Assessment Tools for a Comprehensive Evaluation of Computational Thinking Interventions. Στο S. C Kong & H. Abelson (Επίμ.), *Computational Thinking Education* (σσ. 79–98). doi:10.1007/978-981-13-6528-7_6
- Román-González, M., Pérez-González, J., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72(C), 678–691. doi:10.1016/j.chb.2016.08.047
- Román-González, M., Pérez-González, J.C., Moreno-León, J., & Robles, G. (2018a). Can computational talent be detected? Predictive validity of the Computational Thinking Test. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 18(November), 47–58. doi:10.1016/j.ijcci.2018.06.004
- Román-González, M., Pérez-González, J.C., Moreno-León, J., & Robles, G. (2018b). Extending the nomological network of computational thinking with non-cognitive factors. *Computers in Human Behavior*, 80(March), 441–459. doi:10.1016/j.chb.2017.09.030
- Roque, R., Kafai, Y., & Fields, D. (2012). From tools to communities: designs to support online creative collaboration in scratch. Στο *Proceedings of the 11th International Conference on Interaction Design and Children (IDC '12)* (σσ. 220–223). doi:10.1145/2307096.2307130
- Royal Society. (2012). *Shut down or restart: The way forward for computing in UK schools*. Ανακτήθηκε από: <http://royalsociety.org/education/policy/computing-in-schools/report/>
- Saeli, M., Perrenet, J., Jochems, W. M., & Zwaneveld, B. (2011). Teaching programming in secondary school: A pedagogical content knowledge perspective. *Informatics in Education*, 10(1), 73–88. doi:10.15388/infedu.2011.06

- Sale, J. E., Lohfeld, L. H., & Brazil, K. (2002). Revisiting the quantitative-qualitative debate: Implications for mixed-methods research. *Quality and quantity*, 36(1), 43–53. doi:10.1023/A:1014301607592
- Salkind, N. J. (2010). *Encyclopedia of research design*. doi: 10.4135/9781412961288
- Schneider, W. J., & McGrew, K. S. (2012). The Cattell-Horn-Carroll Model of Intelligence. Στο D. P. Flanagan & P. L. Harrison (Επίμ.), *Contemporary Intellectual Assessment: Theories, Tests and Issues* (3rd ed., σσ. 553–581). New York: The Guilford Press.
- Schulte, C., & Bennedsen, J. (2006). What do teachers teach in introductory programming? Στο *Proceedings of the second international workshop on Computing education research (ICER '06)* (σσ. 17–28). doi:10.1145/1151588.1151593
- Scott, A., Watkins, M., & McPhee, D. (2008a). Progranimate-A Web Enabled Problem Solving Application. Στο *Proceedings of the 2008 International Conference on E-Learning, E-Business, Enterprise Information Systems, and E-Government* (σσ. 498–508). Las Vegas, NV: CSREA Press.
- Scott, A., Watkins, M., & McPhee, D. (2008b). E-Learning For Novice Programmers-A Dynamic Visualisation and Problem Solving Tool. Στο *Proceedings of 3rd International Conference on Information and Communication Technologies: From Theory to Applications ICTTA 2008* (σσ. 1–6). doi:10.1109/ictta.2008.4529966
- Seiter, L. (2015). Using SOLO to classify the programming responses of primary grade students. Στο *Proceedings of the 46th ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (σσ. 540–545). doi:10.1145/2676723.2677244
- Selby, C., & Woollard, J. (2014). *Computational Thinking: The developing definition*. Ανακτήθηκε από: http://eprints.soton.ac.uk/356481/1/Selby_Woollard_bg_soton_eprints.pdf
- Serin, O., Bulut Serin, N., & Saygili, G. (2010). Developing Problem Solving Inventory for Children at the Level of Primary Education (PSIC). *İlköğretim Online*, 9(2), 446–458. Ανακτήθηκε από: <http://ilkogretim-online.org.tr>
- Singh, K., Allen, K., Scheckler, R., & Darlington, L. (2007). Women in computer related majors: A critical synthesis of research and theory from 1994 to 2005. *Review of Educational Research*, 77(4), 500–533. doi:10.3102/0034654307309919

- Slater, S. C., & Boulet, J. R. (2001). Predicting holistic ratings of written performance assessments from analytic scoring. *Advances in health sciences education*, 6(2), 103–119. doi:10.1023/A:1011478224834
- Sleeman, D. (1986). The challenges of teaching computer programming. *Communications of the ACM*, 29(9), 840–841. doi:10.1145/6592.214913
- Smith, M. (2016). *Computer Science For All*. Ανακτήθηκε από: <http://obamawhitehouse.archives.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>
- Soleimani, A., Green, K.E., Herro, D., & Walker, I.D. (2016). A Tangible, Story-Construction Process Employing Spatial, Computational-Thinking. Στο *Proceedings of the 15th International Conference on Interaction Design and Children* (σσ. 157–166). doi:10.1145/2930674.2930703
- Straw, S., Bamford, S., & Styles, B. (2017). *Randomised Controlled Trial and Process Evaluation of Code Clubs* (Technical Report CODE01). Ανακτήθηκε από: <http://www.nfer.ac.uk/publications/CODE01>.
- Strawhacker, A., Lee, M., & Bers, M. U. (2018). Teaching tools, teachers' rules: exploring the impact of teaching styles on young children's programming knowledge in ScratchJr. *International Journal of Technology and Design Education*, 28(2), 347–376. doi:10.1007/s10798-017-9400-9
- Tashakkori, A., & Creswell, J. W. (2007). The new era of mixed methods. *Journal of Mixed Methods Research*, 1(1), 3–7. doi:10.1177/2345678906293042
- Taub, R., Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2012). CS unplugged and middle-school students' views, attitudes, and intentions regarding CS. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 12(2), 1–29. doi:10.1145/2160547.2160551
- Taub, R., Armoni, M., Bagno, E., & Ben-Ari, M. (2015). The effect of computer science on physics learning in a computational science environment. *Computers & Education*, 87(C), 10–23. doi:10.1016/j.compedu.2015.03.013
- Tedre, M., & Denning, P. (2016). The long quest for computational thinking. Στο *Proceedings of the 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research (Koli Calling '16)* (σσ. 120–129). doi:10.1145/2999541.2999542

- The Bebras Community (2017). *The Bebras international challenge on informatics and computational thinking*. Ανακτήθηκε από: <http://bebras.org>
- The LEGO Group. (2016). *LEGO® Education WeDo 2.0 Computational Thinking Teacher's Guide*. Ανακτήθηκε από: <http://le-www-live-s.legocdn.com/wedo/pdfs/computationalthinkingteacherguide/computationalthinkingteacherguide-en-gb-v1.pdf>
- Thies, R., & Vahrenhold, J. (2013). On plugging "unplugged" into CS classes. Στο *Proceedings of the 44th ACM technical symposium on Computer science education (SIGCSE '13)* (σσ. 365–370). doi:10.1145/2445196.2445303
- Troiano, G. M., Chen, Q., Alba, Á. V., Robles, G., Smith, G., Cassidy, M., ... & Harteveld, C. (2020, April). Exploring How Game Genre in Student-Designed Games Influences Computational Thinking Development. Στο *Proceedings of the 2020 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (σσ. 1-17). doi:10.1145/3313831.3376755
- Troiano, G. M., Snodgrass, S., Argımak, E., Robles, G., Smith, G., Cassidy, M., ... & Harteveld, C. (2019, June). Is my game OK Dr. Scratch? Exploring programming and computational thinking development via metrics in student-designed serious games for STEM. Στο *Proceedings of the 18th ACM international conference on interaction design and children* (σσ. 208-219). doi:10.1145/3311927.3323152
- Uçar, F.M., Uçar, M.B., & Çalışkan, M. (2017). Investigation of gifted students' problem-solving skills. *Journal for the Education of Gifted Young Scientists*, 5(3), 15–28. doi:10.17478/JEGYS.2017.61
- Vee, A. (2013). Understanding computer programming as a literacy. *Literacy in Composition Studies*, 1(2), 42–64. doi:10.21623/1.1.2.4
- Vessey, I. (1985). Expertise in debugging computer programs: A process analysis. *International Journal of Man–Machine Studies*, 23(5), 459–494. doi:10.1016/S0020-7373(85)80054-7
- Vihavainen, A, Airaksinen, J., & Watson, C. (2014). A systematic review of approaches for teaching introductory programming and their influence on success. Στο *Proceedings of the tenth annual conference on International computing education research (ICER '14)* (19–26). doi:10.1145/2632320.2632349

- Vinayakumar, R. Soman K. P., & Menon, P. (2018). Digital Storytelling Using Scratch: Engaging Children Towards Digital Storytelling. Στο *Proceedings of 9th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies (ICCCNT)* (σσ. 1–6). doi:10.1109/ICCCNT.2018.8493941
- Wallet, P. (2015). *ICT in Education in Sub-Saharan Africa: A comparative analysis of basic e-readiness in schools* (Technical Report). Ανακτήθηκε από: <http://uis.unesco.org/sites/default/files/documents/information-and-communication-technology-ict-in-education-in-sub-saharan-africa-2015-en.pdf>
- Webb, D., Repenning, A. & Koh, K. (2012). Toward an Emergent Theory of Broadening Participation in Computer Science Education. Στο *Proceedings of the ACM Special Interest Group on Computer Science Education Conference* (σσ. 173–178). doi:10.1145/2157136.2157191
- Weinfurt, K. P. (2000). Repeated measures analyses: ANOVA, MANOVA, and HLM. Στο L. G. Grimm & P. R. Yarnold (Επίμ.), *Reading and understanding more multivariate statistics* (σσ. 317–361). Washington, DC: American Psychological Association.
- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2015). Using Commutative Assessments to Compare Conceptual Understanding in Blocks-based and Text-based Programs. Στο *Proceedings of the eleventh annual International Conference on International Computing Education Research (ICER '15)* (σσ. 101–110). doi:10.1145/2787622.2787721
- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2017). Comparing Block-Based and Text-Based Programming in High School Computer Science Classrooms. *ACM Transactions on Computing Education*, 18(1), 1–25. doi:10.1145/3089799
- Weintrop, D., Beheshti, E., Horn, M., Orton, K., Jona, K., Trouille, L., & Wilensky, U. (2016). Defining Computational Thinking for Mathematics and Science Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(1), 127–147. doi:10.1007/s10956-015-9581-5
- Werner, L., Campe, S., & Denner, J. (2012). Children learning computer science concepts via Alice game-programming. Στο *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education (SIGCSE '12)* (σσ. 427–432) doi:10.1145/2157136.2157263

- Werner, L., Denner, J., & Campe, S. (2012). The Fairy Performance Assessment: Measuring Computational Thinking in Middle School. Στο *Proceedings of the 43rd ACM technical symposium on Computer Science Education (SIGCSE '12)* (σσ. 215–220). doi:10.1145/2157136.2157200
- White, M. D., & Marsh, E. E. (2006). Content Analysis: A Flexible Methodology. *Library Trends*, 55(1), 22–45. doi:10.1353/lib.2006.0053
- Wilkerson-Jerde, M.H., Gravel, B.E., & Macrander, C.A. (2015). Exploring Shifts in Middle School Learners' Modeling Activity While Generating Drawings, Animations, and Computational Simulations of Molecular Diffusion. *Journal of Science Education and Technology*, 24(2–3), 396–415. doi:10.1007/s10956-014-9497-5
- Wilson, A., & Moffat, D.C. (2010). Evaluating scratch to introduce younger schoolchildren to programming. Στο *Proceedings of 22nd Annual Psychology of Programming Interest Group*. Ανακτήθηκε από: <http://scratched.gse.harvard.edu/sites/default/files/wilson-moffat-ppig2010-final.pdf>
- Wilson, C., Sudol, L. A., Stephenson, C., & Stehlik, M. (2010). *Running on empty: The failure to teach K-12 computer science in the digital age*. doi:10.1145/3414583
- Wilson, J. (1987). A Socratic approach to helping novice programmers debug programs. *SIGCSE Bulletin*, 19(1), 179–182. doi:10.1145/31726.31755
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. doi:10.1145/1118178.1118215
- Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, 366(1881), 3717–3725. doi:10.1098/rsta.2008.0118
- Wing, J. M. (2011). *Research notebook: Computational thinking—What and why?* Ανακτήθηκε από: <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>
- Wing, J. M. (2016). *Computational thinking, 10 years later*. Ανακτήθηκε από: <http://phys.org/news/2016-03-years.html>

- Wired (2014). *Obama Becomes First President to Write a Computer Program*. Ανακτήθηκε από: <http://www.wired.com/2014/12/obama-becomes-first-president-write-computer-program/>
- Wolz, U., Hallberg, C., & Taylor, B. (2011). Scrape: A tool for visualizing the code of Scratch programs. Στο *42nd ACM Technical Symposium on Computer Science Education*.. New York, NY: ACM.
- Wolz, U., Stone, M., Pearson, K., Pulimood, S. M., & Switzer, M. (2011). Computational Thinking and Expository Writing in the Middle School. *ACM Transactions on Computing Education*, 11(2), 1–22. doi:10.1145/1993069.1993073
- Wolz, U., Stone, M., Pulimood, S.M., & Pearson, K. (2010). Computational thinking via interactive journalism in middle school. Στο *Proceedings of the 41st ACM technical symposium on Computer science education* (σσ. 239–243). doi:10.1145/1734263.1734345
- Wong, G. K., & Jiang, S. (2018, December). Computational thinking education for children: Algorithmic thinking and debugging. Στο *2018 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE)* (σσ. 328–334). doi:10.1109/TALE.2018.8615232
- Xing, W. (2021) Large-scale path modeling of remixing to computational thinking. *Interactive Learning Environments*, 29(3), 414–427. doi:10.1080/10494820.2019.1573199
- Yadav, A., Mayeld, C., Zhou, N., Hambrusch, S., & Korb, J. T. (2014). Computational thinking in elementary and secondary teacher education. *Transactions on Computing Education*, 14(1), 1–16. doi:10.1145/2576872
- Yadav, A., Zhou, N., Mayfield, C., Hambrusch, S., & Korb, J.T. (2011). Introducing computational thinking in education courses. Στο *Proceedings of the 42nd ACM technical symposium on Computer science education (SIGCSE '11)* (σσ. 465–470). doi:10.1145/1953163.1953297
- Yasar, O. (2018). A new perspective on computational thinking. *Communications of the ACM*, 61(7), 33–39. doi:10.1145/3214354
- Yoon, I., Kang, E., & Kwon, O. (2014). DeBugger Game: Mobile Virtual Lab for Introductory Computer Programming Courses. Στο *Proceedings of the 2014*

- American Society for Engineering Education Zone IV Conference*. Ανακτήθηκε από: http://smurf.sfsu.edu/~csif/resources/ASEE.YoonI_FinalPaper.pdf
- Αργυρίου, Ι., Καρβουνίδης, Θ., Λαδιάς, Α., & Δουληγέρης, Χ. (2016). Σχεδιασμός έρευνας για την αξιολόγηση κώδικα οπτικού προγραμματισμού. Στο *Πρακτικά Εργασιών 10ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Καθηγητών Πληροφορικής* (σσ. 1–9). Ανακτήθηκε από: <http://synedrio.pekap.gr/praktika/10o/ergasies/erevnitikes%20erg/290.pdf>
- Διαρκής Επιτροπή Μορφωτικών Υποθέσεων της Βουλής. (2016). *ΕΘΝΙΚΟΣ ΚΑΙ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟΣ ΔΙΑΛΟΓΟΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΙΔΕΙΑ. ΔΙΑΠΙΣΤΩΣΕΙΣ, ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ*. Ανακτήθηκε από: http://www.minedu.gov.gr/publications/docs2016/morfotikwn_porisma.pdf
- Κόμης, Β., & Τζιμογιάννης, Α. (2006). Ο Προγραμματισμός ως μαθησιακή δραστηριότητα: από τις εμπειρικές προσεγγίσεις στη γνώση παιδαγωγικού περιεχομένου. *Θέματα στην Εκπαίδευση*, 7(3), 229–255. Αθήνα: Ελληνικά Γράμματα.
- Κουλουμπαρίτση, Α.Χ., & Ματσαγγούρας, Η.Γ. (2004). Φάκελος εργασιών του μαθητή (portfolio assessment): Η αυθεντική αξιολόγηση στη διαθεματική διδασκαλία. Στο Π.Α. Αγγελίδης & Γ.Γ. Μαυροειδής, (Επίμ.), *Εκπαιδευτικές Καινοτομίες για το Σχολείο του Μέλλοντος*. Αθήνα: Τυπωθήτω.
- Σαραφίδου, Γ. Ο. (2011). *Συνάρθρωση ποσοτικών και ποιοτικών προσεγγίσεων: Η εμπειρική έρευνα*. Αθήνα: Gutenberg.
- Υπουργείο Παιδείας, Δια Βίου Μάθησης και Θρησκευμάτων. (2003). *ΔΙΑΘΕΜΑΤΙΚΟ ΕΝΙΑΙΟ ΠΛΑΙΣΙΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ (ΔΕΠΠΣ) και ΑΝΑΛΥΤΙΚΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΑ ΣΠΟΥΔΩΝ (ΑΠΣ) ΥΠΟΧΡΕΩΤΙΚΗΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗΣ*. Αθήνα: Παιδαγωγικό Ινστιτούτο.